

**DISEÑO DE UN LABORATORIO DE PRUEBAS DE ENSAYO PARA CARETAS
DE ESMERILAR Y PROTECTOR AUDITIVO**

**ANGEL LEONARDO MARTIN TORO
NINI JOHANNA SOTO LUNA**

**UNIVERSIDAD AUTONOMA DE OCCIDENTE
FACULTAD DE INGENIERIA
DEPARTAMENTO DE AUTOMATICA Y ELECTRONICA
PROGRAMA DE INGENIERIA MECATRONICA
SANTIAGO DE CALI
2006**

**DISEÑO DE UN LABORATORIO DE PRUEBAS DE ENSAYO PARA CARETAS
DE ESMERILAR Y PROTECTOR AUDITIVO**

**ANGEL LEONARDO MARTIN TORO
NINI JOHANNA SOTO LUNA**

Pasantía para optar al título de Ingeniero Mecatrónico

**Asesor
ANDRES FELIPE NAVAS
Ingeniero Mecatrónico**

**Director
FREDDY MORCILLO MUÑOZ
Gerente FER-SEG Ltda.**

**UNIVERSIDAD AUTONOMA DE OCCIDENTE
FACULTAD DE INGENIERIA
DEPARTAMENTO DE AUTOMATICA Y ELECTRONICA
PROGRAMA DE INGENIERIA MECATRONICA
SANTIAGO DE CALI
2006**

Nota de aceptación:

Aprobado por el comité de grado en cumplimiento de los requisitos exigidos por la Universidad Autónoma de Occidente para optar al título de ingenieros Mecatrónicos.

Ing. JORGE IVAN VELANDIA
Jurado

Ing. FERNANDO SABOGAL
Jurado

Santiago de Cali, 20 de Noviembre de 2006

Doy Gracias a Dios por permitirme alcanzar esta meta; a mis papás por que sin su esfuerzo y apoyo no lo habría logrado; a mis hermanos por estar siempre ahí y aguantar el ruido cuando me amanecía estudiando; a mi familia por que cada vez que me preguntaban por mi estudio me daban fuerzas para seguir adelante; a mis amigos por que supieron entender mis ausencias cuando mis labores no me permitían estar ahí; a mis compañeros por consentirme y hacer muy amena mi estadía en la universidad; a mis profesores por que me hicieron crecer como profesional pero sobretodo como persona.

Este logro también es de ustedes, con cariño...

Nini Johanna Soto L.

Es un gran logro en mi vida, el poder obtener este titulo, es una meta alcanzada gracias al apoyo y constancia de mi padre, por los consejos y la fe de mi madre, a mi familia por su gran esfuerzo y por creer siempre en mi, a mis compañeros de clase por aportarme sus conocimientos, a los profesores por dedicar parte de su tiempo en mi formación como profesional y a mi novia por darme la fuerza necesaria para seguir adelante.

Para ustedes con mis más sinceros respetos.....Muchas Gracias.

Ángel Leonardo Martín T.

AGRADECIMIENTOS

Los autores expresan sus agradecimientos a:

El Señor Andrés Felipe Navas, Ingeniero Mecatrónico, Docente de la facultad de Ingeniería Mecatrónica de la Universidad Autónoma de Occidente, por la acertada dirección de este proyecto.

El Señor Jimmy Tombé, Ingeniero Electrónico, Director de la facultad de Ingeniería Mecatrónica de la Universidad Autónoma de Occidente, por la formación recibida.

El Señor Harold González Ortiz, Tecnólogo en Electrónica de la Universidad del Valle, por que su tiempo y su valiosa colaboración, marcaron la diferencia.

El Señor Freddy Morcillo, Administrador de Empresas, Gerente FER-SEG LTDA., por haber motivado y financiado este proyecto.

La Señorita Maria Victoria Cárdenas U., Asistente Técnica FER-SEG LTDA., por que sin su colaboración no habría sido posible nuestra adaptación en la empresa.

La Señorita Leidy Johana Torres y el Señor Juan Guillermo Álvarez, Ingenieros Mecatrónicos, Ingenieros de Investigación y Desarrollo FER-SEG LTDA., por su colaboración.

CONTENIDO

	Pág.
GLOSARIO	13
RESUMEN	17
INTRODUCCIÓN	18
1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA	19
1.1 ANTECEDENTES	19
1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	20
2. JUSTIFICACION	21
3. OBJETIVOS	22
3.1 OBJETIVO GENERAL	22
3.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS	22
4. MARCO TEORICO	23
4.1 PROTECCION FACIAL	23
4.1.1 Caretas de esmerilar	24
4.1.2 Norma NTC 3610-1994	28
4.2 PROTECCION AUDITIVA	31
4.2.1 El protector auditivo tipo orejera	32
4.2.2 Norma NTC 2272-2003	33
4.3 FER-SEG LTDA	36
4.3.1 Reseña histórica	37

4.3.2 Objeto social	37
4.3.3 Misión	38
4.3.4 Visión	38
4.3.5 Productos fabricados por la empresa	38
5. PROCESO DE DISEÑO MECATRONICO	40
5.1 ASPECTOS GENERALES DEL LABORATORIO	40
5.1.1 Premisas y restricciones	41
5.1.2 Identificación de necesidades	41
5.1.3 Búsqueda externa	42
5.2 DISEÑO DE LOS EQUIPOS DEL LABORATORIO	42
5.2.1 Equipo de impacto a alta velocidad	42
5.2.2 Equipo de impacto de masa alta y penetración del visor	59
5.2.3 Equipo de ensayo de transmitancia	70
5.2.4 Equipo de prueba de campo de ensayo acústico para protectores auditivos	73
5.2.5 Equipo de medición de la fuerza de la banda	85
5.3 REGISTRO DE RESULTADOS	88
5.3.1 Fs-lab	88
5.4 UBICACIÓN DEL LABORATORIO	89
6. CONCLUSIONES	90
BIBLIOGRAFIA	92
ANEXOS	

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Clases de riesgos "protección facial"	26
Tabla 2. Necesidades para el equipo de impacto a alta velocidad	44
Tabla 3. Métricas y unidades	44
Tabla 4. Listas para las métricas	45
Tabla 5. Matriz de necesidades vs. métricas	45
Tabla 6. Combinación de conceptos	49
Tabla 7. Conceptos después del primer tamizaje	49
Tabla 8. Matriz de tamizaje de conceptos	51
Tabla 9. Necesidades para el equipo de impacto a masa alta velocidad y penetración del visor	60
Tabla 10. Métricas y unidades	61
Tabla 11. Listas para las métricas	61
Tabla 12. Matriz de necesidades vs. métricas	61
Tabla 13. Combinación de conceptos	64
Tabla 14. Conceptos después de realizar primer tamizaje.	64
Tabla 15. Especificaciones técnicas espectrofotómetro UV-3600	73
Tabla 16 Necesidades para el equipo de prueba de campo de ensayo acústico	74
Tabla 17. Métricas y unidades	75
Tabla 18. Listas para las métricas	75
Tabla 19. Matriz de necesidades vs. métricas	76

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Careta para esmerilar	25
Figura 2. Protector Auditivo tipo copa u orejera	33
Figura 3. Medición de fuerza de banda	36
Figura 4 Mision statement equipo de impacto a altas velocidades	43
Figura 5. Caja negra	46
Figura 6. Descomposición Funcional	47
Figura 7. Evaluación de las necesidades ergonómicas y estéticas del equipo	52
Figura 8. Naturaleza del equipo	53
Figura 9. Evaluación de la calidad del diseño industrial	54
Figura 10. Prototipo equipo de impacto de alta velocidad	54
Figura 11. Mision statement equipo impacto masa alta y penetración del visor	60
Figura 12. Descomposición Funcional	62
Figura 13. Evaluación de las necesidades ergonómicas y estéticas del equipo	66
Figura 14. Naturaleza del equipo	67
Figura 15. Evaluación de la calidad del diseño industrial	67
Figura 16. Prototipo equipo de impacto de masa alta y penetración del visor	68
Figura 17. Mision statement equipo de ensayo de transmitancia	70
Figura 18. Naturaleza del equipo	71
Figura 19. espectrofotómetro seleccionado	72

Figura 20. Mision statement equipo de campo de ensayo acústico	74
Figura 21. Caja negra	77
Figura 22. Descomposición Funcional	77
Figura 23. Evaluación de necesidades ergonómicas y estéticas del equipo	79
Figura 24. Naturaleza del equipo	80
Figura 25. Evaluación de la calidad del diseño industrial	81
Figura 26. Prototipo equipo de ensayo acústico método complementario	82
Figura 27. Prototipo equipo de ensayo acústico método primario	83
Figura 28. Mision statement equipo de medición de la fuerza de la banda	86
Figura 29. Prototipo de cabeza simulada equipo medición presión de banda	87
Figura 30. Disposición de laboratorios y maquinas de prueba	89

LISTA DE ANEXOS

	Pág.
Anexo 1. Formato IFAC del informe	94
Anexo 2. Formato evaluación empresa Nini Johanna Soto	104
Anexo 3. Formato evaluación empresa Ángel Leonardo Martín	105
Anexo 4. Carta aprobación Ferseg	106
Anexo 5. Carta de confidencialidad Ferseg	107

GLOSARIO

ANCHO DE BANDA ACUSTICO: es la banda de frecuencias que pueden ser reproducidas por un amplificador.

ATENUACIÓN: diferencia algebraica (en decibeles) entre los niveles de presión de banda de las señales de ensayo medidas en el micrófono de la cabeza simulada, con las orejas colocadas o no.

BEL: unidad de una escala logarítmica de potencias. Dos potencias difieren en un Bel cuando están en la relación 10:1.

CABEZA SIMULADA: dispositivo que posee algunas características físicas y cercanas a las de un hombre adulto promedio, y que se usa para medir la atenuación de los protectores circunauditivos.

CERTIFICACIÓN: acto o proceso que tiene como resultado la documentación que determina y da fe de los criterios que cumplen con los requerimientos de la norma.

DECIBEL (dB): décima parte del Bel, expresa la relación entre dos magnitudes. Su valor es igual a diez veces el logaritmo decimal de la relación entre dos potencias o intensidades de sonido, una de las cuales representa el nivel cero o de referencia.

DISEÑO: la palabra diseño proviene del latín *designar*, que significa “designa, marcar” el diseño de ingeniería se puede definir como “El proceso de aplicar diversas técnicas y principios científicos con el objeto de definir un dispositivo, un proceso o un sistema con suficiente detalle para permitir su realización”.

EQUALIZADOR: unidad para la corrección de la respuesta en frecuencia.

FRACTURA: un lente se considera con una fractura si la grieta atraviesa el espesor, incluso una capa laminar; si atraviesa un diámetro completo de dos piezas o mas separadas o si alguno de los materiales visibles del lente llegan a desprenderse o separarse.

LENTE: parte transparente de un dispositivo protector a través del cual el usuario puede ver.

LUZ: radiación óptica medida por la capacidad de sensación visual.

NITIDEZ: fracción de luz incidente que es transmitida en línea directa y que no sufre dispersión.

OREJERA: protector auditivo compuesto por lo general de una banda para la cabeza y dos recubrimientos (aircups) con un anillo exterior suave, cuyo fin es permitir un ajuste cómodo contra el pabellón de la oreja (supra-auditivo) o los lados de la cabeza alrededor del pabellón de la oreja (circunauditivo).

POTENCIA PRISMÁTICA: medida de la desviación angular, expresada en dioptrías prismáticas (1 dioptría prismática = 1cm/m) de un rayo de luz, después de pasar a lo largo de la parte diseñada para la Visibilidad a través del lente.

PROTECTOR AUDITIVO: dispositivo que se utiliza para evitar los efectos perjudiciales del sonido en el sistema auditivo.

PROTECTOR CORONA: parte del dispositivo que ofrece protección a la frente.

PRUEBAS DE CALIFICACIÓN: aplicación controlada de las condiciones de prueba a un producto que ha sido elegido al azar de un lote de producción inicial, y el registro de los efectos observados, con el fin de determinar si el producto cumple o no con los requisitos de la norma.

RADIACIÓN INFRAROJA: energía electromagnética con longitudes de onda de 780 nm a 2000 nm.

RADIACIÓN OPTICA: parte del espectro electromagnético con longitudes de onda entre 200 nm y 2000 nm.

RADIACIÓN ULTRAVIOLETA: energía electromagnética con longitudes de onda de 200 nm a 380 nm.

RESISTENCIA AL IMPACTO: medida de la capacidad de un dispositivo de resistir un impacto.

SOLID EDGE: sistema de diseño asistido por ordenador (CAD) para el modelado de conjuntos y piezas mecánicos y la producción de dibujos. Desarrollado con la tecnología STREAM.

TAFILETE: parte de la careta, capucha o protector para la cara que sostiene el dispositivo en la cabeza.

TAPON AUDITIVO: protector auditivo que se coloca dentro del canal del oído externo (auditivo), o en la concha del oído, para impedir la entrada al canal del oído externo (semiauditivo).

USUARIO: persona que utiliza los elementos descritos.

VISOR: parte del protector de la cara a través del cual el usuario observa el trabajo

VISUAL BASIC: la palabra "Visual" hace referencia al método que se utiliza para crear la interfaz gráfica de usuario (GUI), La palabra "Basic" hace referencia al lenguaje BASIC (Beginners All-Purpose Symbolic Instruction Code). Visual Basic ha evolucionado a partir del lenguaje BASIC original y ahora contiene centenares de instrucciones, funciones y palabras clave, muchas de las cuales están directamente relacionadas con la interfaz gráfica de Windows.

RESUMEN

Por medio de este trabajo se mostrará el desarrollo de proyectos de ingeniería en una aplicación a nivel industrial.

El crecimiento industrial en el mundo entero y el aumento del nivel competitivo, ha obligado a las empresas a mejorar sus procesos con el fin de obtener productos de alta calidad, y así poder seguirle el ritmo al mercado actual para mantenerse vigentes.

Pero dado que dicha calidad del producto debe ser de índole demostrativa, se han creado estándares o normas de calificación que permiten a las empresas certificarle a los usuarios que el producto que tienen en el mercado es realmente bueno.

En busca de mantenerse en el mercado, la empresa FER-SEG LTDA es consiente de que requiere la certificación, por ello desea certificar dos de sus productos mas representativos “Caretas de esmerilar y Protectores auditivos”, por medio de las normas NTC 3610 y NTC 2272 respectivamente, las cuales listan las pruebas y ensayos necesarios.

A través de este documento se da conocimiento sobre los productos a tratar, se ilustran las diferentes etapas en el desarrollo del diseño, la norma a manejar la generación y selección de conceptos a diseñar.

INTRODUCCIÓN

La preocupación por la seguridad personal y el intento de la reducción de riesgos, se han convertido en las mayores prioridades de las empresas, esto las ha llevado a usar sistemas de protección durante los últimos años. Por tal motivo, la seguridad industrial se ha posicionado como una industria pionera para la construcción de nuevas tecnologías.

Pero para combatir los riesgos de accidente y de perjuicios a la salud, resulta indispensable la aplicación de medidas técnicas y organizativas dirigidas a eliminar o en su defecto disminuir los riesgos en su origen, o bien a proteger a los trabajos mediante instrucciones de protección colectiva; cuando estas medidas son insuficientes, se impone la utilización de equipos de protección individual a fin de prevenir los riesgos secundarios inevitables.

La protección personal debe considerarse como el método de control más importante para la prevención de lesiones y enfermedades profesionales; no obstante se debe resaltar que el objetivo de los dispositivos y equipos de protección personal no es eliminar el riesgo sino reducirlo.

Es vital conocer la composición y magnitud de los peligros, el tiempo durante el cual el dispositivo ejerce un determinado nivel de protección y la naturaleza de la actividad física para la cual fue diseñado el equipo; tal evaluación del peligro representa una etapa de diagnóstico esencial que debe realizarse antes de elegir cual es la protección adecuada. Una vez realizado dicho diagnóstico, se seleccionan los equipos de protección personal de acuerdo a la actividad laboral, el tipo de industria, la clase de protección que el dispositivo ofrece y el modo de

operación de este frente al peligro.

Es necesario que los usuarios reciban formación a cerca de los métodos de inspección, ajuste, uso, mantenimiento, limpieza y limitación del equipo de protección, sobre todo en situaciones de emergencia. Por lo tanto la industria debe diseñar un sistema de seguridad que se encargue de controlar programas de capacitación y formación para el uso adecuado de los dispositivos de protección.

Dada la importancia que tienen los equipos de protección personal en la industria, las empresas productoras de este tipo de implementos, están en la obligación de ofrecer productos de excelente calidad, ya que de no ser así se coloca en riesgo la salud y en muchos casos la vida de los individuos.

Para garantizar la calidad de esos productos, existen normas técnicas establecidas por diferentes organizaciones, las cuales son resultado de investigaciones realizadas por personas competentes, las cuales proporcionan lineamientos para el éxito de calidad de un producto.

Por esa razón hoy en día el éxito y confiabilidad del producto en el mercado depende de la satisfacción y certificación que este proporcione a sus clientes.

Dicha certificación se cumple cuando el producto satisface los requerimientos mínimos de los estándares de calidad, mediante la aplicación de las normas técnicas.

1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

1.1 ANTECEDENTES

FER-SEG LTDA es una pequeña empresa de tipo familiar que lleva operando más de 11 años y entre cuyos productos cabecera se encuentran las caretas de esmerilar y el protector auditivo.

En la actualidad la empresa no tiene una normalización de sus productos, razón por la cual está perdiendo terreno frente a su principal competencia la empresa ARSEG de Bogota, la cual lleva muchos más años en el mercado y tiene una mayor cobertura de mercado como consecuencia de sus productos normalizados; ya que esta normalización le ha permitido asegurar un producto de excelente calidad que cumple con los estándares internacionales.

FER-SEG LTDA para tratar de mantenerse en el mercado, ha invertido mucho dinero contratando laboratorios especializados para elaborar sus pruebas de calidad, estos laboratorios se ubican en el extranjero (principalmente en Estados Unidos), ya que en Colombia no hay ninguna entidad a parte de la competencia, que preste el servicio de pruebas de ensayo para este tipo de productos.

Por esta razón la empresa ha empezado a elaborar sus propios laboratorios, con lo cual no solo se busca demostrar la excelencia de los mismos, sino que se pretende a demás la reducción de costos, con lo cual los productos se podrán vender mejor.

1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El sector colombiano de la seguridad industrial para poder proyectar sus productos en el mercado nacional e internacional, debe cumplir con unos requisitos mínimos de calidad y competitividad.

Como empresa perteneciente a dicho sector FER-SEG LTDA está encargada de proporcionar a sus usuarios equipos de protección personal, pero dada la dificultad de acceder a nuevos mercados y de mantener el ya logrado, la empresa ha visto la necesidad de certificar sus productos, entre ellos caretas de esmerilar y protectores auditivos, para así ofrecer soportes de calidad a sus clientes.

A través de un estudio de reducción de costos FER-SEG LTDA, ha encontrado que la mejor opción para avalar la idoneidad de sus productos es implementar un laboratorio de pruebas de ensayo basado en la norma NTC, lo cual le garantiza el cumplimiento de los requisitos exigidos por las diferentes entidades gubernamentales y por los consumidores. La NTC traza unos lineamientos específicos para el desarrollo de las pruebas de ensayo, por ende el proyecto se basa en el diseño de los diferentes equipos a utilizar.

Por lo tanto el problema a solucionar es el siguiente: Elaboración de un laboratorio de pruebas de ensayo para caretas de esmerilar y protectores auditivos, basado en los requerimientos de la norma NTC.

2. JUSTIFICACIÓN

Gracias a la cambiante situación económica del país, y con la puesta en marcha de los nuevos tratados (el TLC para empezar), las empresas nacionales se han encontrado ante la necesidad de ampliar más sus mercados y posicionar sus productos a nivel nacional e internacional. Pero esta no es una labor sencilla ya que tan solo el mercado nacional -abarroado de empresas ofertantes, tanto nacionales como internacionales- exige que los productos que salen al mercado estén certificados con el cumplimiento de una norma de calidad, lo cual permite que el proyecto fomente el uso de herramientas investigativas en la adecuación y elaboración de diseños para maquinas de pruebas de ensayo.

La empresa que implemente las normas, asegura a sus clientes que la calidad del producto que él está comprando, se mantendrá en el tiempo. De ahí que el certificar los productos aumenta la demanda de estos en el mercado y asegura que tanto el proceso de diseño como el de fabricación del producto responden a unos criterios de calidad integrales.

Con la elaboración de este proyecto, la empresa FER-SEG LTDA, podrá implementar el laboratorio que le permita realizar las pruebas de calidad a sus productos “caretas de esmerilar y protector auditivo”, que finalmente viene a ser la adquisición que le permita aminorar los costos para lograr la certificación de los mismos.

3. OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GENERAL

Diseñar un laboratorio de pruebas de ensayo para caretas de esmerilar y protectores auditivos utilizando las normas NTC 3610 y NTC 2272 respectivamente.

3.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Diseñar los dispositivos necesarios para la preparación de las muestras para ensayo.
- Diseñar el mecanismo o sistema para realizar el ensayo de impacto a alta velocidad para caretas de esmerilar.
- Diseñar el mecanismo o sistema para realizar el ensayo de impacto de masa alta para caretas de esmerilar.
- Diseñar el mecanismo o sistema para realizar el ensayo de penetración del visor para caretas de esmerilar.
- Diseñar el mecanismo o sistema para realizar el ensayo de transmitancia para caretas de esmerilar.
- Diseñar el mecanismo o sistema para realizar el ensayo de inflamabilidad para caretas de esmerilar.
- Diseñar el mecanismo o sistema para realizar la prueba de campo de ensayo acústico para protectores auditivos.
- Diseñar el mecanismo o sistema para realizar el ensayo de medición de la fuerza de la banda para protectores auditivos.

4. MARCO TEORICO

Para que una empresa opere de forma efectiva, es necesaria la utilización de sistemas de protección adecuados que proporcionen un alto nivel de seguridad a los trabajadores, disminuyendo así los riesgos que se puedan presentar en el entorno de trabajo.

FER-SEG LTDA se ha dado a la tarea de fabricar esos elementos de seguridad que le ayuden a las diferentes empresas a minimizar riesgos laborales y a brindar confiabilidad en el trabajador.

Para este proyecto se han tenido en cuenta dos de sus productos insignia:

- Caretas de esmerilar
- Protectores auditivos

Las caretas de esmerilar son elementos de protección facial encargados de proteger el rostro y la frente de diversos riesgos como: heridas causadas por esquirlas, golpes, derrame de ácidos u otros líquidos perjudiciales para el operario, etc.

Los protectores auditivos son elementos que protegen el sistema auditivo de los efectos perjudiciales del sonido.

4.1 PROTECCION FACIAL

Los accidentes laborales son muy frecuentes en la industria, y entre los más comunes se encuentran las lesiones faciales (sobre todo en las áreas donde se realizan labores de mecanizado).

Estas lesiones son casi siempre consecuencia de esquirlas provocadas por la viruta de las piezas que se están trabajando, dichas esquirlas cuyo tamaño es muy variable, cuando son de tamaño considerable pueden impactar fuertemente el rostro o peor aún un ojo del operario, y cuando son muy finas pero viajan a elevadas velocidades tienen la capacidad de incrustarse en la piel o de herir fatalmente el área ocular; si a demás de esto tenemos en cuenta otros tipos de labores en las que el rostro está expuesto, como en las labores de forja y de soldadura por ejemplo, encontramos otras lesiones tan graves como quemaduras por salpicaduras de materiales fundidos, líquidos calientes o corrosivos y lesiones oculares a causa del arco voltaico. En la tabla 1, se puede observar las clases de riesgos que corre el trabajador que afectan el rostro.

Para prevenir estos riesgos se diseñó un implemento que permitiera proteger tanto el rostro como la frente de los usuarios: las caretas de protección facial.

Para el entorno al cual se realizó este proyecto, se hablará de caretas de esmerilar y de sus diferentes características.

4.1.1 Caretas de esmerilar. Las caretas de esmerilar son elementos de seguridad industrial, cuya función es resguardar el rostro y la frente del usuario de peligros o riesgos de trabajo y por ende sus ojos. Estos riesgos pueden ser de naturaleza mecánica y térmica.

Una careta de esmerilar está compuesta por un armazón, un tafilete y un lente o visor; a su vez el armazón se compone de un rodachispa (que incluye protector corona). El tafilete lo forma una banda de contorno de cabeza, es flexible y permeable a los líquidos ya que está hecho de tejidos de polietileno. La banda de cabeza ajustable garantiza la adaptación firme y estable de la careta, ver figura 1.

Figura 1. Careta para esmerilar



Ilustración suministrada por FERSEG LTDA

Todos los materiales empleados en su fabricación deben conservar sus propiedades protectoras durante mucho tiempo y en todas las condiciones ambientales previsibles.

Las caretas de esmerilar deben ser aptas para:

- Resistir la deformación y la perforación causada por objetos impactantes.
- Frenar y desviar los objetos que viajen en dirección al rostro por medio de una pantalla lo suficientemente resistente y lisa. Las caretas con rebordes salientes tienden a parar los objetos que caen en lugar de desviarlos y, por lo tanto, absorben mas energía cinética que las que son totalmente lisas.
- Proteger frente y rostro de salpicaduras.
- Disipar y dispersar la posible energía que le sea transmitida por impacto, de modo que no sea transferida en su totalidad a la frente y/o rostro; esto se logra por medio del revestimiento del tafilete, que debe estar bien sujeto al armazón y absorbe los golpes sin desprenderse del rodachispa. También debe ser lo suficientemente flexible para deformarse por efecto del impacto, esta deformación que debe absorber casi toda la energía del choque, está

limitada por la cantidad de espacio libre entre el sistema rodachispa-visor y el área frente-rostro, y por la elongación máxima que tolera el tafilete antes de romperse.

- Resistir sin romperse caídas de algunos metros contra superficies duras.

Tabla 1. Clases de riesgos "protección facial"

Riesgos	Origen y forma de los riesgos	Factores que se deben tener en cuenta para la elección y utilización del equipo
Acciones Mecánicas	Impacto de esquirlas de "gran" tamaño	Resistencia al impacto
	Impacto de esquirlas finas a gran velocidad	Resistencia a la perforación
Acciones Térmicas	Frío o calor	Mantenimiento de las funciones de protección a bajas y altas temperaturas
		Mantenimiento de la nitidez a bajas y altas temperaturas
Falta de visibilidad	Percepción insuficiente	Forma y tamaño del rodachispa, nitidez del visor
Acciones eléctricas	Trabajos de soldadura	Transmitancia de radiación
Peligros para la salud	Falta de higiene	Facilidad de mantenimiento
	Caída de la careta (mala estabilidad)	Fijación de la careta a la cabeza
	Contacto con llamas	Incombustibilidad y resistencia a la llama
	Sensibilidad alérgica	Calidad de los materiales
Condiciones de Trabajo	Intemperie, condiciones de trabajo, limpieza y utilización	Mantenimiento de la función protectora durante toda la vida útil del equipo
		Resistencia del equipo a las agresiones industriales

Para que la función protectora sea eficaz contra los riesgos, las caretas deben

mantenerse útiles, duraderas y resistentes frente a numerosas acciones e influencias, de modo que su acción protectora quede garantizada durante toda su vida útil.

Como todo elemento de seguridad, los equipos de protección facial se deben limpiar y verificar con regularidad; la limpieza y desinfección son particularmente importantes si el usuario suda mucho o si la careta es compartida por varios trabajadores.

Si la careta presenta hendiduras o grietas, indicios de envejecimiento o si su tafilite da claras muestras de deterioro, debe desecharse.

Como ha quedado ya demostrado las caretas son una protección muy importante para la industria, por tal motivo es vital que estas sean de excelente calidad y que tengan la mas alta confiabilidad. Para asegurarse de esto las empresas que las implementan como parte de su sistema de seguridad industrial, exigen que el producto cumpla con los requisitos mínimos de calidad; estos requisitos mínimos son establecidos por diferentes organizaciones tanto locales como internacionales. Entre ellas se encuentran: ANSI (American National Standard Institute), ISEA (International Safety Equipment Association), NTC (Norma Técnica Colombiana), BS (British Standard).

Para este caso se hablará de la Norma NTC establecida y publicada por el ICONTEC.

4.1.2 Norma NTC 3610 -1994. Esta norma consta de 28 páginas y establece los requerimientos y lineamientos que deben tener los elementos e implementos utilizados para la protección de la frente y el rostro en el entorno de la industria.

Como ya se dijo antes, estos implementos son los protectores faciales.

El estándar establece las pruebas que se le deben realizar a los diferentes tipos de protectores faciales, incluyendo las distintas clases de caretas para soldar y los dos tipos de careta para esmerilar: careta con visor levantable y careta con visor fijo, pero para nuestro caso y por solicitud de la empresa FER-SEG LTDA., el laboratorio solo incluirá las pruebas de ensayo que permitan determinar la calidad y confiabilidad de las caretas de esmerilar con visor fijo.

Las pruebas que la norma establece para realizar a las caretas de nuestro interés, son las siguientes:

- Impacto a alta velocidad
- Impacto de masa alta
- Penetración del visor
- Desbalance prismático del visor
- Nitidez
- Transmitancia
- Inflamabilidad

Pruebas de ensayo a realizar a las caretas de esmerilar. A continuación se describen las pruebas propuestas en la norma NTC.

- **Impacto a alta velocidad.** La prueba de impacto a alta velocidad se realiza para asegurar un nivel de protección contra proyectiles de baja masa que viajan a alta velocidad.

La prueba se realiza impactando la careta (la cual está ajustada a un modelo de cabeza) con un proyectil que viaja a una velocidad especificada por la norma. El impacto se realiza de frente al visor, a la altura del área ocular. No debe haber ningún contacto del proyectil o de fragmentos del elemento protector con el ojo del modelo de cabeza. Se verifica visualmente el daño producido; si tal existe la prueba se califica como fallada.

La norma NTC 3610 – 1994, define un equipo que contenga los siguientes elementos: modelo de cabeza con su respectiva base, aparato de propulsión, elemento impactor, Protector contra rebote o esquirlas (operario).

- **Impacto de masa alta.** La prueba de impacto de masa alta se realiza para asegurar un nivel de integración mecánica del dispositivo y un nivel de protección alto para objetos puntiagudos que viajan a baja velocidad.

La prueba se realiza dejando caer un proyectil con una masa especificada por la norma, desde una altura igualmente especificada. El proyectil se deja caer sobre la careta (la cual está ajustada a un modelo de cabeza), en línea con alguno de los ojos del modelo, no se debe expeler ninguna parte o fragmento del elemento protector que pudiera entrar en contacto con el ojo del modelo de cabeza, como resultado del impacto. Se verifica visualmente el daño producido; si tal existe la prueba se califica como fallada.

La norma NTC 3610 – 1994, define un equipo que contenga los siguientes elementos: modelo de cabeza con su respectiva base, tubo guía, elemento impactor.

- **Penetración del visor.** La prueba de penetración del visor se realiza para analizar el efecto del impacto de un elemento penetrador sobre el visor de la careta, con el fin de observar la resistencia a la ruptura ante ese tipo de impactos.

La prueba se realiza dejando caer un elemento penetrador con una masa especificada por la norma desde una altura igualmente especificada. El proyectil se deja caer sobre la careta (la cual está ajustada a un modelo de cabeza), en línea con alguno de los ojos del modelo; el protector no se debe fracturar o perforar debido al impacto. Se verifica visualmente el daño producido; si tal existe la prueba se califica como fallada.

La norma ANSI Z89.1-1997, define un equipo que contenga los siguientes elementos: elemento penetrador, modelo de cabeza con su respectiva base, tubo guía.

- **Nitidez.** La prueba de nitidez se realiza para medir la distorsión de visibilidad causada por el visor de la careta.

Esta prueba no hace parte del diseño realizado debido a que la empresa FER-SEG LTDA., ya posee un equipo para este tipo de ensayo que cumple con los requerimientos de la norma ASTM D 1003 “Test method for haze and luminous transmittance of transparent plastics”.

- **Transmitancia.** La prueba de transmitancia se realiza para conocer los valores promedios de la transmitancia lumínica, infrarroja y ultravioleta.

La prueba se realiza sometiendo el visor a un espectrofotómetro, el cual arrojará las correspondientes longitudes de onda.

- **Inflamabilidad.** La prueba de inflamabilidad se realiza para analizar que tan inflamable es la careta, que tan resistente es cuando se aplica una llama o cae fuego sobre ella, con el fin de proteger al usuario de riesgos por llama.

Esta prueba ya no hace parte del diseño realizado debido a que la empresa FER-SEG LTDA., acaba de construir un equipo con todos los requerimientos necesarios para este tipo de ensayo con el fin de certificar los cascos que fabrica.

4.2 PROTECCION AUDITIVA

La protección auditiva es de gran importancia y uno de los aspectos más importantes que debe enfrentar un empleador o un supervisor en un sitio de trabajo, pues lo más común en las industrias son maquinarias y/o procesos que actúan como fuentes de ruido.

El ruido excesivo es la causa de muchos problemas del sistema auditivo en los trabajadores, dependiendo de la clase de ruido, de su intensidad y del tiempo de exposición al mismo, los daños pueden ser a la altura del oído medio o del oído interno y pueden ser temporales o definitivos; llegando incluso a producir sordera parcial o total.

Para prevenir estos riesgos se diseñó un implemento que permitiera evitar los efectos nocivos causados por el sonido: los protectores auditivos.

Existen varias clase de protector auditivo, siendo los mas comunes los tapones y las orejeras, la diferencia radica principalmente en que el tapón se coloca dentro del canal del oído externo (auditivo), o en la concha del oído (semiauditivo); mientras que la orejera se coloca contra el pabellón de la oreja; y lógicamente en el nivel de protección que brindan.

Para este proyecto se tiene en cuenta únicamente el protector auditivo tipo orejera.

4.2.1 El protector auditivo tipo orejera. Un protector auditivo es un dispositivo personal que atenúa el nivel de presión acústica evitando los efectos perjudiciales del sonido en el sistema auditivo a causa de la exposición a ruidos.

Las orejeras están compuestas por lo general por una banda para la cabeza y dos recubrimientos (earcups) con un anillo exterior suave, cuyo fin es permitir un ajuste cómodo contra el pabellón de la oreja o los lados de la cabeza alrededor del pabellón de la oreja (supra-auditivo o circunauditivo, respectivamente), ver figura 2.

Figura 2. Protector Auditivo tipo copa u orejera



Ilustración suministrada por FERSEG LTDA

Todos los materiales empleados en su fabricación deben conservar sus propiedades protectoras durante mucho tiempo y en todas las condiciones ambientales previsibles.

Para asegurarse de que los protectores son de excelente calidad y de que realmente protegen el sistema auditivo, estos deben cumplir con los requisitos establecidos por las diferentes organizaciones a nivel local o internacional. Entre ellas están: ANSI (American National Standard Institute), ISEA (International Safety Equipment Association), NTC (Norma Técnica Colombiana), BS (British Standard).

Para este caso se hablará de la Norma NTC establecida y publicada por el ICONTEC.

4.2.2 Norma NTC 2272 – 2003. Esta norma que consta de 17 páginas, establece y especifica los procedimientos psicofísicos, físicos y el medio de reportar los

resultados, para la medición de las características de protección y atenuación de los dispositivos usados para proteger el sistema auditivo contra el exceso de ruido.

El estándar establece las pruebas que se le deben realizar a los diferentes sistemas de protectores auditivos, incluyendo dos tipos de prueba: Método en el oído real (primario), el cual se aplica a unidades de comunicación, cascos especiales entre los que se cuentan los de seguridad y otros sistemas con características de protección sonora usados en combinación, es decir, tapones mas orejeras. Método físico (complementario), el cual aplica a dispositivos tipo orejera. Pero para nuestro caso y por solicitud de la empresa FER-SEG LTDA., solo se incluirán a profundidad las pruebas de ensayo pertinentes al método complementario, no obstante el grupo de trabajo realizó las investigaciones pertinentes que permitan brindarle una orientación a la empresa sobre la implementación del método primario, con lo cual se busca facilitarles el proceso en el caso de que en un futuro pretendan implementarlo.

Las pruebas que la norma establece para realizar a los protectores auditivos de nuestro interés, son las siguientes:

- Campo de ensayo acústico
- Medición de la fuerza de banda

Pruebas de ensayo a realizar a los protectores auditivos. A continuación se describen las pruebas propuestas en la norma NTC.

- **Campo de ensayo acústico método complementario.** Esta prueba se realiza para medir la atenuación del protector auditivo, con base en la presión

acústica.

La prueba se realiza instalando un micrófono con especificaciones dadas por la norma, dentro de un pabellón “auditivo” ubicado en una cabeza simulada, a la misma se le colocan las orejeras (cubriendo el micrófono) y se realizan mediciones de presión a diferentes frecuencias de ruido.

La norma NTC 2272 – 2003, define un equipo que contenga los siguientes elementos: cabeza simulada, cuarto acústico, fuente de ruido eléctrico (ecualizador), registrador automático de nivel grafico o lectura y análisis manual con voltímetro.

Para el método primario se requiere un cuarto acústico semejante al anterior, pero en vez de realizar el ensayo con una cabeza simulada se hace con una persona, la cual actuará como “sensor” e informará el nivel de atenuación del sistema utilizado. Con el fin de que el cuarto acústico diseñado pueda ajustarse al método primario, las dimensiones del mismo se consideraran de acuerdo a un oyente real.

- **Medición de la fuerza de banda.** La prueba de medición de la fuerza de banda se realiza para medir la fuerza que ejercen las orejeras (earcups), sobre el pabellón de la oreja y el área de la cabeza alrededor del pabellón.

La prueba se realiza montando la orejera sobre un sistema que al igual que sus medidas se encuentra especificado en la norma, al ajustar las orejeras a ciertas distancias esta produce una fuerza sobre una lamina (en L) paralela a la earcup, produciendo un ángulo en torno a un punto de giro, al “calibrar” la base de la L con una masa conocida se puede calcular la fuerza ejercida por el

protector.

Figura 3. Medición de fuerza de banda

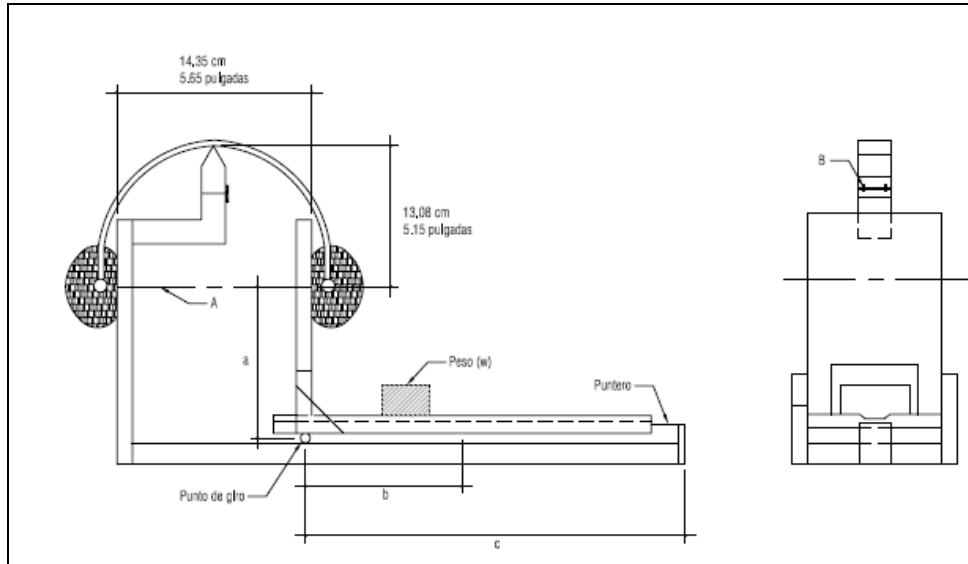


Ilustración obtenida de la NTC 2272 INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TECNICAS. Método para la medición de la protección real del oído brindada por los protectores auditivos. Bogotá: ICONTEC, 2003. p. 10.

La norma NTC 2272 – 2003, define un equipo como el mostrado en la figura 3, brinda libertad en el material de construcción del mismo, pero resalta la gran importancia en la rigidez de las unidades.

4.3 FER-SEG LTDA.

FER-SEG LTDA. Es una pequeña empresa del sector manufacturero en el área de plásticos, dedicada a producir artículos para seguridad industrial. Se encuentra ubicada en el centro de la ciudad de Cali y cuenta con 17 trabajadores en las áreas de administración y producción.

4.3.1 Reseña histórica. Hacia 1994, el señor Freddy Morcillo Muñoz, tras una larga trayectoria en la industria de la seguridad industrial, desempeñándose como vendedor para distribuidores mayoristas de insumos para la seguridad industrial, acaricia la idea de crear su propia empresa, la cual en la actualidad se denomina FER-SEG LTDA.

Aprovechando su experiencia inicial comercializando elementos de seguridad industrial, dos años mas tarde, decide comprar maquinaria que le permite convertirse en fabricante de los productos que inicialmente comercializaba, y poco a poco, haciendo una buena distribución de sus ingresos monta el taller con el que se cuenta actualmente. Gradualmente se ha adquirido maquinaria de inyección electromecánica semiautomática.

A la fecha FER-SEG LTDA. Es una empresa con más de 350 distribuidores en el país, logrando en poco tiempo un gran reconocimiento en el mercado nacional por ofrecer elementos de protección personal de alta calidad y buen servicio; reconocimiento que le ha valido para que recientemente haya realizado su primera exportación.

4.3.2 Objeto social. Fabricación y distribución de elementos de protección personal y seguridad industrial tales como: cascos, caretas de esmerilar, protectores auditivos, monogafas, gafas, arneses, cinturones ergonómicos, cinturones linieros, accesorios para motos y artículos de ferretería. Fabricación de productos plásticos y moldes industriales para uso propio o venta. Exportación y/o importación de acuerdo a su objeto social.

4.3.3 Misión. FER-SEG LTDA. Es una empresa dedicada a brindar soluciones

multifuncionales a los distribuidores y a los usuarios finales con equipos de protección individual e industrial elaborados con tecnología apropiada para obtener productos de calidad, a precios competitivos y con los márgenes de rentabilidad esperada por los socios, mediante relaciones comerciales basadas en un excelente servicio, confianza y motivación con nuestros distribuidores, usuarios industriales y usuarios finales del mercado nacional e internacional con un equipo humano comprometido, entusiasta y leal en la búsqueda permanente del crecimiento personal y del desarrollo integral de la compañía.

4.3.4 Visión. Para el año 2010 tendremos la tecnología apropiada para posicionarnos en los mercados de Centro y Suramérica generando las utilidades que permitan una mejor calidad de vida de los colaboradores y la justa retribución a los inversionistas.

4.3.5 Productos fabricados por la empresa. La empresa FER-SEG LTDA. ubicada en la ciudad de Cali (V), diseña y elabora diferentes productos dirigidos hacia la seguridad industrial, entre ellos los protectores auditivos, las caretas, tapabocas, cascos de seguridad, entre otros.

Entre sus productos destacados se encuentran las caretas de esmerilar y los protectores auditivos.

Careta de esmerilar FER-SEG LTDA. FER-SEG LTDA. elabora sus caretas mediante el proceso de inyección de plásticos, el cual se fundamenta en fundir el material y hacerlo fluir hacia el molde, a través de una boquilla en la maquina de inyección, en donde llena una cavidad que le da la forma determinada por el molde de la careta.

El rodachispa está elaborado en polietileno de alto impacto (material termoplástico) de ± 4 mm de espesor; el visor está elaborado en acrílico de alta tenacidad y tiene un espesor de ± 2 mm. El conjunto rodachispa y tafilete tiene una separación de 35 mm. El peso total de la careta es inferior a 700 gr.

El rodachispa de las caretas de esmerilar es fabricado generalmente en tres colores diferentes, siendo estos amarillo (el mas común), naranja y blanco; y está provisto de una marca propia de la empresa colocada en la parte interna del rodachispa.

Protector auditivo. La empresa FER-SEG LTDA. elabora sus protectores auditivos mediante el proceso de inyección de plásticos, el cual se fundamenta en fundir el material y hacerlo fluir hacia el molde, a través de una boquilla en la maquina de inyección, en donde llena una cavidad que le da la forma determinada por el molde del protector (molde 1: banda de la cabeza, molde 2: Copas).

Tanto la banda de la cabeza como las copas están elaboradas en polipropileno; el sistema earcups consiste en dos almohadillas de espuma. El peso total de la orejera es inferior a 250 gr.

El protector auditivo es fabricado generalmente en dos colores diferentes, negro o gris.

5. PROCESO DE DISEÑO MECATRONICO

Para el diseño del laboratorio de pruebas de ensayo para caretas de esmerilar y protector auditivo se utiliza la metodología de Ingeniería estructurada y concurrente, se plantean las necesidades, se generan los conceptos y se seleccionan para su posterior diseño.

Es importante aclarar que cada prueba de ensayo a las que será sometido cada uno de los productos (caretas y protectores auditivos) requiere del diseño de un equipo con características diferentes especificadas por la norma.

El diseño del laboratorio se realiza de la siguiente manera:

- Diseño de los equipos del laboratorio de pruebas de ensayo para caretas de esmerilar, usando el proceso de diseño anteriormente mencionado.
- Diseño de los equipos del laboratorio de pruebas de ensayo para protector auditivo, usando el proceso de diseño anteriormente mencionado.
- Desarrollo del sistema de registro de datos obtenidos.

5.1 ASPECTOS GENERALES DEL LABORATORIO

El laboratorio consta de tres partes, la primera es la sección de ensayos, la segunda la sección de recolección y preparación de muestras y la tercera la sección de recolección, registro y sistematización de datos; teniendo en cuenta eso se tienen las siguientes premisas y restricciones que debe cumplir el

laboratorio y cada uno de los equipos que se operarán en el.

5.1.1 Premisas y restricciones. Estas son las premisas y restricciones encontradas:

- Cumplir con la Norma NTC
- Los resultados deben ser precisos
- Interfaz de fácil manejo
- Facilidad de uso y mantenimiento
- Maquinas con bajo consumo de potencia
- Componentes de fácil adquisición en el mercado
- La implementación debe tener un costo accesible a la industria.

5.1.2 Identificación de necesidades. A continuación se presentan las necesidades encontradas:

- Equipo de pruebas de ensayo bajo requerimientos de la norma NTC
- Equipo preciso
- Equipo robusto
- Equipo económico
- Equipo de fácil manipulación
- Equipo de fácil mantenimiento
- Equipo con bajo consumo de potencia
- Equipo de fácil instalación
- Equipo llamativo y amigable

Las anteriores necesidades y métricas aplicarán para cada uno de los equipos que componen el laboratorio.

5.1.3 Búsqueda externa. Para la búsqueda externa, se tuvo en cuenta la accesoria de entidades con experiencia en la certificación de productos, equipos y laboratorios de pruebas de ensayo como lo son SGS y el SENA quienes cuentan con unos equipos especializados para realizar las diferentes pruebas de ensayo a los productos elaborados por la empresa FER-SEG LTDA. y conocimiento de las normas a utilizar en la elaboración del proyecto.

Se adquirieron las normas necesarias para la elaboración de los diseños en las cuales se determinaron las pruebas requeridas para cada producto, se recopiló cada uno de los deberes, condiciones y criterios de aceptación y rechazo a cumplir para la ejecución del ensayo y se determinaron los equipos necesarios para realizar cada uno de los ensayos.

Se realizaron visitas a entidades como la Universidad Autónoma de Occidente para observar las características del cuarto acústico.

5.2 DISEÑO DE LOS EQUIPOS DEL LABORATORIO

En esta sección se muestra toda la etapa de diseño mecatrónico para el diseño de cada uno de los equipos de los que consta el laboratorio, según las necesidades de la empresa FERSEG LTDA.

5.2.1 Equipo de impacto a alta velocidad. A continuación se muestra el proceso de desarrollo del equipo.

Planteamiento de la misión. La figura 4 muestra el planteamiento de la misión realizado para este equipo.

Figura 4. Mision statement equipo de impacto a altas velocidades

Descripción del producto <ul style="list-style-type: none">• Maquina para pruebas de impacto a altas velocidades.
Principales objetivos de marketing <ul style="list-style-type: none">• Lograr que el diseño del producto esté completamente terminado antes del 25 de junio del 2006.
Premisas y restricciones <ul style="list-style-type: none">• El aparato debe ser diseñado conforme a los parámetros establecidos en la norma NTC 3610• Debe cumplir con las premisas y restricciones generales del laboratorio.
Partes implicadas <ul style="list-style-type: none">• Ingenieros• Fer-Seg Ltda.

Ilustración realizada por los autores del diseño

Identificación de necesidades. Las siguientes tablas plantean las necesidades encontradas para el equipo de impacto a altas velocidades y sus respectivas métricas.

Tabla 2. Necesidades para el equipo de impacto a alta velocidad

No.	NECESIDAD	IMP.
1	Almacenamiento del proyectil	4
2	Impresión de velocidad	5
3	precisión de Velocidad de lanzamiento	5
4	Posición de lanzamiento	3
5	Facilidad de uso	4
6	Rotación de la cabeza	4
7	Desplazamiento vertical	4
8	Pantalla de seguridad de la maquina	5
9	energía de funcionamiento	5
10	Agradable a la vista del usuario	3
11	El equipo es robusto	5
12	El equipo es duradero	5
13	Las partes del equipo son de fácil adquisición	4

Tabla 3. Métricas y unidades

MEDIDAS Y UNIDADES				
#	#NECESIDAD	METRICA	IMP.	UNIDAD
1	1	Capacidad almacenamiento	3	unidades
2	2,3	Fuerza de empuje	5	N
3	3	Velocidad	5	m/s
4	6	Angulo	5	grados
5	7	Desplazamiento	5	m
6	8	Dimensión pantalla	4	mxmxmm
7	9	Alimentación	5	Lista 1
8	4	Distancia de tiro	4	m
9	5	Facilidad de uso	3	subjetivo
10	10	Estética	3	Subjetivo
11	8,11,12,13	Materiales	4	Lista 2
12	12	Vida del equipo	4	Años

Tabla 4. Listas para las métricas

Lista 1	Lista 2
EE - energía eléctrica	A – Acero
EN – energía neumática	B – Aluminio
PE – energía potencial elástica	C – acrílico
	D – Hierro

Tabla 5. Matriz de necesidades vs. métricas

		METRICAS											
N E C E S I D A D E S		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	1	X											
	2		X										
	3		X	X									
	4								X				
	5									X			
	6				X								
	7					X							
	8						X					X	
	9							X					
	10										X		
	11											X	
	12											X	
	13											X	X

En la tabla 5 se observa la relación que hay entre las necesidades y las métricas definidas, cada métrica debe afectar al menos una necesidad y cada necesidad debe relacionarse al menos con una métrica.

Diseño conceptual. A continuación se muestra el proceso de diseño conceptual.

- **Descomposición funcional.** En el equipo de impacto a alta velocidad se encuentran tres tipos de entradas, entradas de energía, entradas de material y entradas de señales, en la energía se encuentra la energía eléctrica que es la encargada de alimentar eléctricamente el sistema para realizar los ensayos, y la energía que nos sirve para impulsar el proyectil; en las entradas de material se encuentra la muestra a analizar y el proyectil impactante y por ultimo en las señales encontramos la señal de encendido, la señal de disparo y la señal de control del motor, ver figura 5.

Figura 5. Caja negra

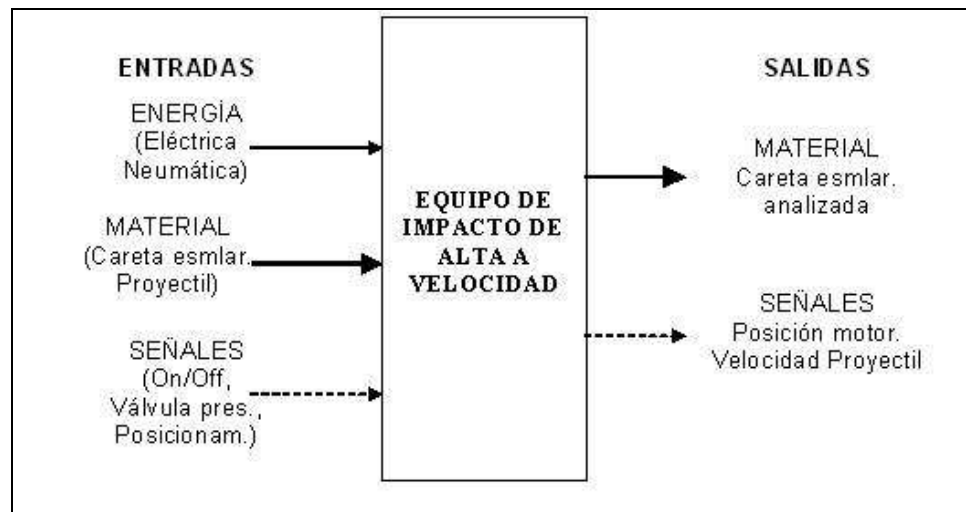


Ilustración realizada por los autores del diseño

Se tuvieron en cuenta estas consideraciones debido al uso que se le va a dar al equipo, por razones de uso y de costos el equipo no es automático. A demás el procedimiento de las pruebas que se realizaran no requiere tal nivel de

automatización.

- **Generación de conceptos.** Para la generación de conceptos se parte de una ruta crítica o de unas subfunciones críticas de diseño encontradas en la descomposición funcional.

Figura 6. Descomposición Funcional

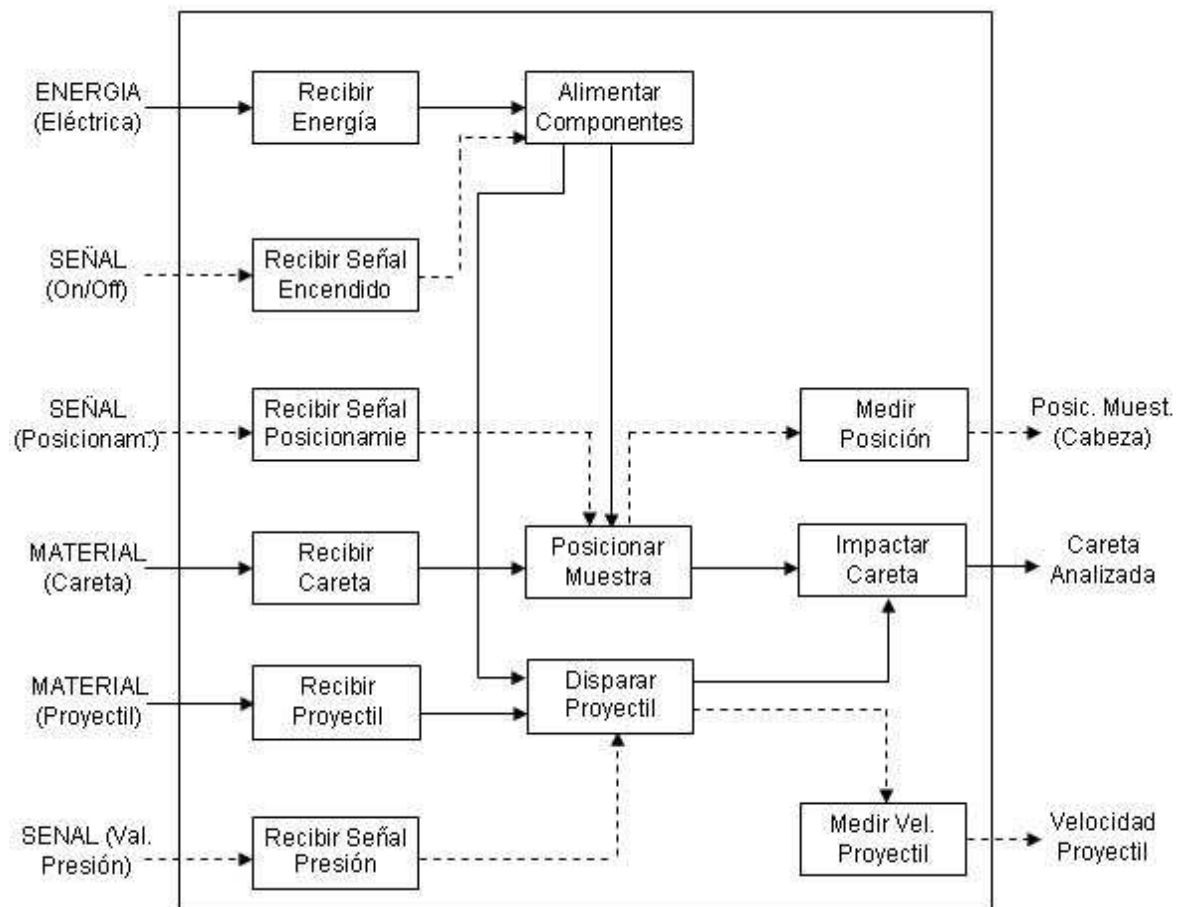


Ilustración realizada por los autores del diseño

Subfunciones críticas: Posicionar muestra, Disparar proyectil, Medir velocidad del proyectil.

Posicionar Muestra

- Motor DC
- Motor paso a paso
- Servomotor

Disparar Proyectil

- Cañón de aire comprimido
- Pistola de resorte
- Sistema de discos

Medir Velocidad del Proyectil

- Sensor Mecánico de contacto
- Sensor óptico de rayos infrarrojos

- **Selección de Conceptos (Disponibilidad tecnológica).** Una vez realizada la exploración se procede a realizar descarte de conceptos, para ello se tendrá en cuenta la disponibilidad tecnológica, costos, dificultad de implementación y desventajas del concepto para la aplicación, esto se hace con el fin de reducir las ramas de los árboles y simplificar la elección del mejor prototipo.

Posicionar Muestra

- Motor DC: Es descartado por no ser muy conveniente para posicionamientos angulares.

Disparar Proyectoil

- Pistola de resorte: Este dispositivo se descarta dado que la velocidad requerida para el proyectil y el peso del mismo hacen necesario un resorte cuyas especificaciones no son comunes en el mercado.

Tabla 6. Combinación de conceptos

COMBINACIÓN	POSICIONAR MUESTRA	DISPARAR PROYECTIL	MEDIR VELOCIDAD PROYECTIL
1	Motor Paso a Paso	Aire Comprimido	Sensor Contacto
2	Motor Paso a Paso	Aire Comprimido	Sensor Infrarrojo
3	Motor Paso a Paso	Sistema de Discos	Sensor Contacto
4	Motor Paso a Paso	Sistema de Discos	Sensor Infrarrojo
5	Servomotor	Aire Comprimido	Sensor Contacto
6	Servomotor	Aire Comprimido	Sensor Infrarrojo
7	Servomotor	Sistema de Discos	Sensor Contacto
8	Servomotor	Sistema de Discos	Sensor Infrarrojo

Tabla 7. Conceptos después del primer tamizaje

COMBINACIÓN	POSICIONAR MUESTRA	DISPARAR PROYECTIL	MEDIR VELOCIDAD PROYECTIL
A	Motor Paso a Paso	Aire Comprimido	Sensor Contacto
B	Motor Paso a Paso	Aire Comprimido	Sensor Infrarrojo
C	Servomotor	Aire Comprimido	Sensor Contacto
D	Servomotor	Aire Comprimido	Sensor Infrarrojo

Concepto a: El concepto A consta de un motor paso a paso para el posicionamiento angular de la muestra con la respectiva horma para la careta. El proyectil es disparado por medio de un cañón de aire comprimido que posee una válvula de presión/distribución que se activa cuando alcanza la presión requerida para imprimirle al proyectil la velocidad necesaria y su velocidad es medida por medio de sensores mecánicos de contacto.

Concepto b: El concepto B consta de un motor paso a paso para el posicionamiento angular de la muestra con la respectiva horma para la careta. El proyectil es disparado por medio de un cañón de aire comprimido que posee una válvula de presión/distribución que se activa cuando alcanza la presión requerida para imprimirle al proyectil la velocidad necesaria y su velocidad es medida por medio de sensores infrarrojos.

Concepto c: El concepto C consta de un servomotor para el posicionamiento angular de la muestra con la respectiva horma para la careta. El proyectil es disparado por medio de un cañón de aire comprimido que posee una válvula de presión/distribución que se activa cuando alcanza la presión requerida para imprimirle al proyectil la velocidad necesaria y su velocidad es medida por medio de sensores mecánicos de contacto.

Concepto d: El concepto D consta de un servomotor para el posicionamiento angular de la muestra con la respectiva horma para la careta. El proyectil es disparado por medio de un cañón de aire comprimido que posee una válvula de presión/distribución que se activa cuando alcanza la presión requerida para

imprimirle al proyectil la velocidad necesaria y su velocidad es medida por medio de sensores infrarrojos.

Tabla 8. Matriz de tamizaje de conceptos

		Variantes de conceptos			
Criterios de selección		A	B (Ref.)	C	D
Detección del proyectil		-	=	-	=
Facilidad de control		+	=	+	+
Costo		=	=	-	-
Facilidad de implementación		-	=	-	=
Medida velocidad		-	=	-	=
Precisión		=	=	=	=
	Positivos	1	0	1	1
	Iguales	2	6	1	4
	Negativos	3	0	4	1
	Total	-2	0	-3	0
	Orden	3	1	4	1
	¿Continuará?	No	Si	No	No

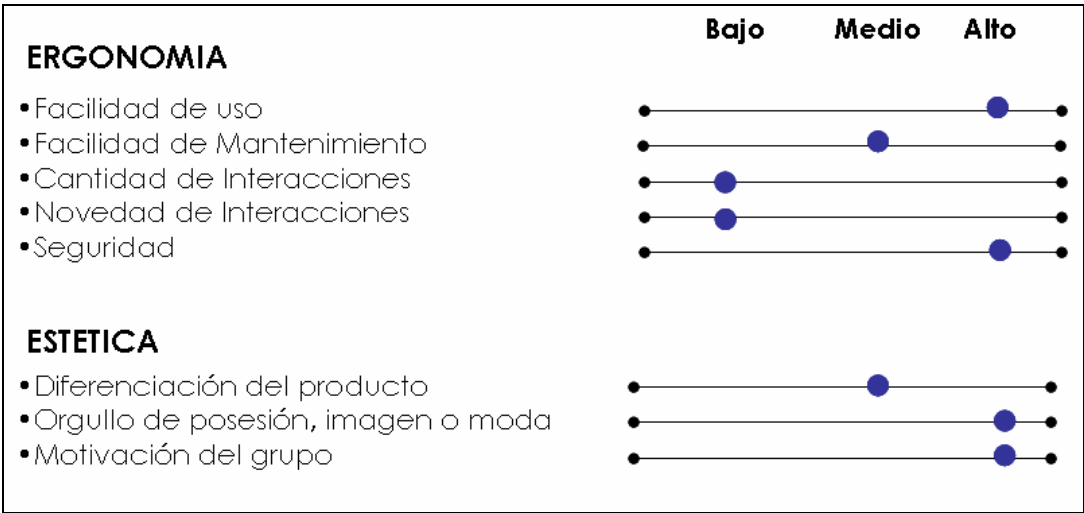
Aunque los conceptos B y D obtuvieron un puntaje igual, se descarta el concepto D a causa del costo del servomotor.

- **Diseño industrial.** Con el fin de desarrollar conceptos y especificaciones que optimicen la función, valor y apariencia de los productos y sistemas para el

beneficio mutuo tanto del usuario como del producto, el grupo de ingenieros realizó las siguientes valoraciones.

- **Necesidades ergonómicas.** Aunque el beneficio principal de este producto está basado en la tecnología, por ser manipulado por operarios es también relevante para el diseño su ergonomía, ver figura 7.

Figura 7. Evaluación de las necesidades ergonómicas y estéticas del equipo



- **Necesidades estéticas.** Aunque el poseer un equipo de este tipo, representa para Ferseg Ltda., un gran orgullo y ventaja ante la competencia la estética tiene una importancia media, ver figura 7.

- **Dirección del proceso de diseño Industrial (Naturaleza).** Con la intención de evaluar cual es el enfoque prioritario del diseño, el grupo de ingenieros identificará la naturaleza del producto.

Figura 8. Naturaleza del equipo

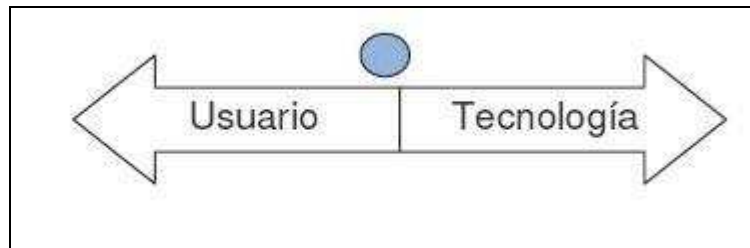


Ilustración realizada por los autores del diseño

- **Calidad del diseño Industrial.** Una vez definida la naturaleza del equipo, se evalúa la calidad con que debe contar el diseño. Para ello se tienen en cuenta aspectos como: cuán fácil de usar es el producto, los requerimientos generales de Ferseg Ltda., y cuán bien han sido utilizados los recursos para satisfacer las necesidades de Ferseg Ltda.

Figura 9. Evaluación de la calidad del diseño industrial

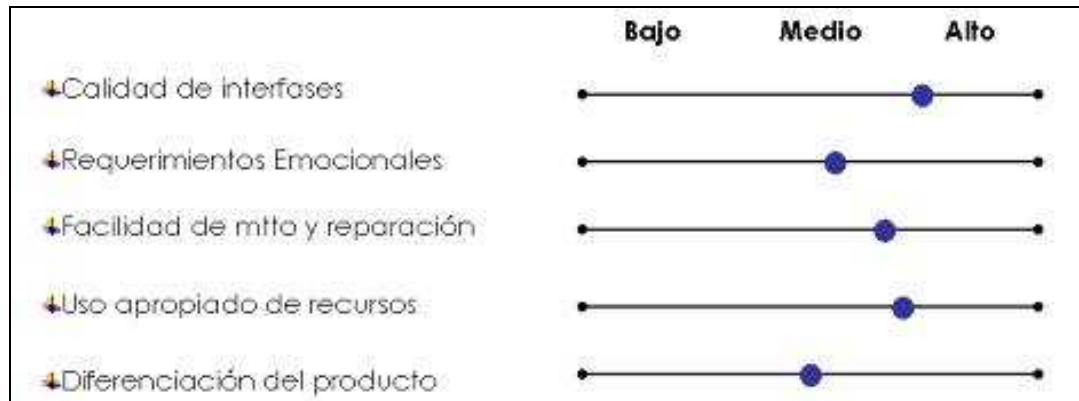


Ilustración realizada por los autores del diseño

- **Prototipado.** Con finalidad que el Asesor de Ferseg Ltda. identifique las posibles mejoras que deben realizarse al equipo, se realiza el prototipo en 3D que le muestra la distribución final del equipo y un aproximado de su apariencia.

Figura 10. Prototipo equipo de impacto de alta velocidad

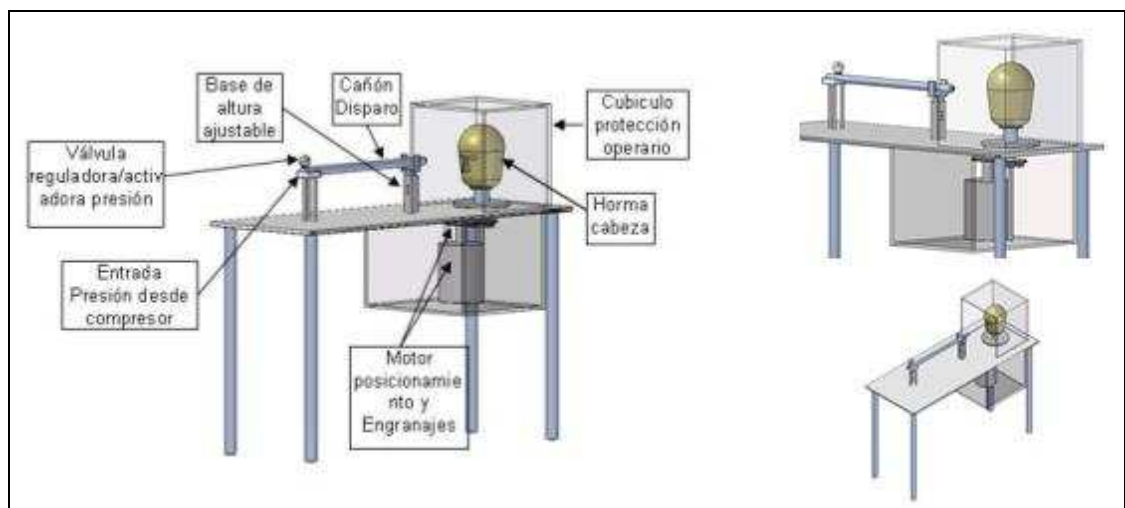


Ilustración realizada por los autores del diseño

Selección de motor. Dado que este diseño está basado en la Norma Técnica Colombiana Icontec 3610, el equipo de lanzamiento de proyectil diseñado debe cumplir los siguientes requisitos:

- Masa del modelo de cabeza: 4Kg
- El movimiento de la cabeza debe ser cada 15 grados, para ser impactado en cada ángulo que se genere, hasta completar un giro total de 90 grados (6 veces)

A continuación se hace una síntesis de la aplicación de fuerzas para seleccionar un motor adecuado para generar el movimiento:

Para generar movimientos cada 15 grados, en un intervalo de 90 grados, se escogió usar un motor paso a paso, ya que estos motores a velocidades pequeñas generan un torque muy alto, y nuestra prioridad no es la velocidad si no el torque que se necesita para mover la cabeza.

Como se sabe, el torque se genera por la aplicación de una fuerza rotacional en una distancia dada (brazo), en este caso, como se necesita mover la cabeza, la masa es de 4kg, su peso es de 39.2N ($P=m \cdot g$) entonces se requiere un motor con torque suficiente para mover esta masa, sin embargo, como se usará una relación de engranajes solidarios 1:1 (ruedas con dientes que comparten un plano pero con ejes distintos) y al ser un sistema directo, la cabeza del motor puede sufrir daños, entonces se utilizaran rodamientos de apoyo, y de sujeción para eliminar fricción y peso.

Este sistema de engranaje transmitirá el torque del motor por medio de un engranaje, el cual va a tener un diámetro de 10 cm ($r = 5\text{cm}$) ya que por formula, entre mayor sea el brazo de torsión, mayor será el torque obtenido, y la prioridad es vencer este peso. Como los dos engranajes son de igual

diámetro por su relación 1:1, entonces el torque que a generar es de 196Ncm ($T=F*d$), se seleccionó una relación 1:1 porque en el mercado se encuentran motores que aunque para velocidades pequeñas tienen capacidad de manejar este torque.

El grupo de diseño seleccionó un motor con capacidad de mantener un torque hasta de 269 Ncm, con lo cual se evitaban daños por sobreesfuerzo y deficiencia tanto en el sistema de engranajes como en el sistema interno del motor.

Selección de sensor de velocidad. El sensor a utilizar es el óptico de rayos infrarrojos directo. Se utilizaran 2 juegos de diodo emisor de luz (Led) y fotodiodo, uno al comienzo del cañón de disparo y otro justo al término del mismo. La implementación se realiza colocando cada Led enfrente del fotodiodo. Con esta disposición de los sensores se puede establecer el tiempo que demora el proyectil en recorrer el cañón y dado que la velocidad inicial es cero, se puede determinar la velocidad de salida.

Calculo de presión requerida para alcanzar la velocidad establecida. Dado que el cañón será alimentado por aire comprimido, es necesario saber cual es la presión requerida a fin de saber si el compresor que posee Fer-Seg Ltda. está acorde con el equipo, a demás es necesario para la selección de la válvula reguladora que efectuará el disparo.

Velocidad solicitada por la norma $\rightarrow V_f = 91,4 \text{ m/s}$

Diámetro del proyectil $\rightarrow \theta = 6,35 \times 10^{-3} \text{ m}$

Masa del proyectil $\rightarrow M_p = 1,06 \text{ g}$

Longitud del cañón $\rightarrow X_f = 0,6 \text{ m}$

Velocidad inicial $\rightarrow V_0 = 0$

Posición inicial $\rightarrow X_0 = 0$

$$V_f^2 = V_0^2 + 2a (X_f - X_0) \quad \rightarrow V_f^2 = 2aX_f \rightarrow a = \frac{(91,4 \text{ m/s})^2}{1,2 \text{ m}}$$

$$\mathbf{a = 6961,63 \text{ m/s}^2}$$

Conociendo la aceleración (a) que debe alcanzar el proyectil y sabiendo que este se verá afectado en el eje horizontal por las fuerzas de aceleración (F_a) y de fricción (F_r); en el eje vertical por la fuerza normal (n) y el peso (w), pasemos a calcular la fuerza de aceleración requerida.

$$\sum F_y = m \cdot a_y \quad \text{Pero la aceleración en Y (a}_y\text{) es cero} \quad \rightarrow n - w = 0$$
$$\rightarrow n = M_p \cdot g \quad (1)$$

$$\sum F_x = m \cdot a_x \quad \rightarrow F_a - F_r = M_p \cdot a \quad \text{Pero } F_r = \mu_k \cdot n$$
$$\rightarrow F_a - \mu_k \cdot n = M_p \cdot a \quad (2)$$

$$\text{Sustituyendo (1) en (2): } \rightarrow F_a - \mu_k (M_p \cdot g) = M_p \cdot a$$

Dado que μ_k entre dos superficies de acero es 0,57

$$\mathbf{F_a = 7,885 \text{ N}}$$

Conocida la fuerza de aceleración sobre el proyectil, hallamos la presión necesaria para producirla:

$$P = \frac{F_a}{A} \quad (3) \quad \rightarrow \text{Donde P es la presión necesaria y A el área transversal}$$

$$\text{Pero } A = \pi \cdot \left(\frac{\theta}{2}\right)^2 \quad \rightarrow A = 3,167 \times 10^{-5} \text{ m}^2$$

$$\text{Remplazando en (3)} \quad \rightarrow \mathbf{P = 36,110 \text{ PSI}}$$

- **Diseño para manufactura.** Para el diseño del equipo de impacto de altas velocidades, es importante conocer los costos aproximados que genera la fabricación del mismo, por tal motivo el DPM brinda las herramientas necesarias para evaluar los costos del equipo, permitiendo conservar la calidad requerida.

El equipo de impacto de altas velocidades está conformado por:

- Cañón de disparo
- Base graduable de cañón
- Válvula reguladora de presión
- Sensor de velocidad
- Horma de cabeza
- Motor paso a paso
- Engranaje
- Rodamientos
- Sensor de posición angular
- Cubículo de protección operario

Procesos involucrados en la manufactura del equipo:

- Corte
- Soldadura
- Maquinado

Es importante recordar que para este equipo el análisis de la careta es de modo visual, así que no requiere de una programación o control especial.

Las operaciones de mecanizado y elaboración de los componentes del equipo son realizados por el centro de mecanizado de la empresa Fer-Seg Ltda., por tal motivo no representan un costo adicional, ya que están incluidos dentro del salario de los operarios involucrados.

5.2.2 Equipo de impacto a masa alta y penetración del visor. A continuación se muestra el proceso de desarrollo del equipo.

Planteamiento de la misión. La figura 11 muestra el planteamiento de la misión realizado para este equipo.

Figura 11. Mision statement equipo de impacto a masa alta y penetración del visor

<p>Descripción del producto</p> <ul style="list-style-type: none"> • Maquina que permite realizar pruebas de impacto de masa alta y penetración a un material o elemento para determinar la resistencia que presenta el visor de la careta ante el impacto de objetos sobre su superficie. <p>Principales objetivos de marketing</p> <ul style="list-style-type: none"> • Empresa Fer-Seg Ltda. <p>Premisas y restricciones</p> <ul style="list-style-type: none"> • El equipo debe ser diseñado conforme a los parámetros establecidos en la norma NTC 3610 • Debe cumplir con las premisas y restricciones generales del laboratorio. <p>Partes implicadas</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ingenieros • Fer-Seg Ltda.
--

Ilustración realizada por los autores del diseño

Identificación de necesidades. Las siguientes tablas plantean las necesidades encontradas para el equipo de impacto a masa alta y penetración del visor y sus respectivas métricas.

Tabla 9. Necesidades para el equipo de impacto a masa alta y penetración del visor

No.	NECESIDAD	IMP.
1	guía de los proyectiles	5
2	Seguro de los proyectiles	3
3	Altura de lanzamiento	5
4	Modelo de cabeza	4
5	Firmeza de la cabeza	5
6	Resistencia de la cabeza	4
7	seguridad de la maquina	5
8	Costo asequible	3

Tabla 10. Métricas y unidades

MEDIDAS Y UNIDADES				
#	#NECESIDAD	METRICA	IMP.	UNIDAD
1	5,6	Material	5	Lista 1
2	5	Peso	3	Kg
3	1,3,4	Dimensiones	5	mxxm
4	2	Operación	4	Lista 2
5	1	Precisión	5	%
6	7	Estructura	5	Subj.
7	8	Precio	3	Pesos

Tabla 11. Listas para las métricas

<p>Lista 1</p> <p>A – Acero</p> <p>B – Aluminio</p> <p>C – Plástico</p>	<p>Lista 2</p> <p>Manual</p> <p>automático</p>
---	--

Tabla 12. Matriz de necesidades vs. Métricas

N E C E S I D A D E S	METRICAS							
		1	2	3	4	5	6	7
	1			X		X		
	2				X			
	3			X				
	4			X				
	5	X	X					
	6	X						
	7						X	
	8							X

Diseño conceptual. A continuación se muestra el proceso de diseño conceptual.

- **Descomposición funcional.** Siguiendo las instrucciones y recomendaciones dadas por la norma NTC 3610, y teniendo en cuenta el costo del mismo el equipo de impacto a masa alta y penetración del visor será exclusivamente mecánico, pues el ensayo es de caída libre, no requiere realizar mediciones, y el principio de la prueba es muy sencillo, lo cual hace que un sistema automático sea subutilizado. Debido a ello en el equipo se encuentran dos tipos de entradas, entradas de material y entradas de señales, en las entradas de material se encuentra la muestra a analizar y los tres tipos de proyectiles que realizarán el impacto y por ultimo en las señales encontramos la señal de apertura (manual), cuya función es permitir el paso del proyectil, ver figura 12.

Figura 12. Descomposición Funcional

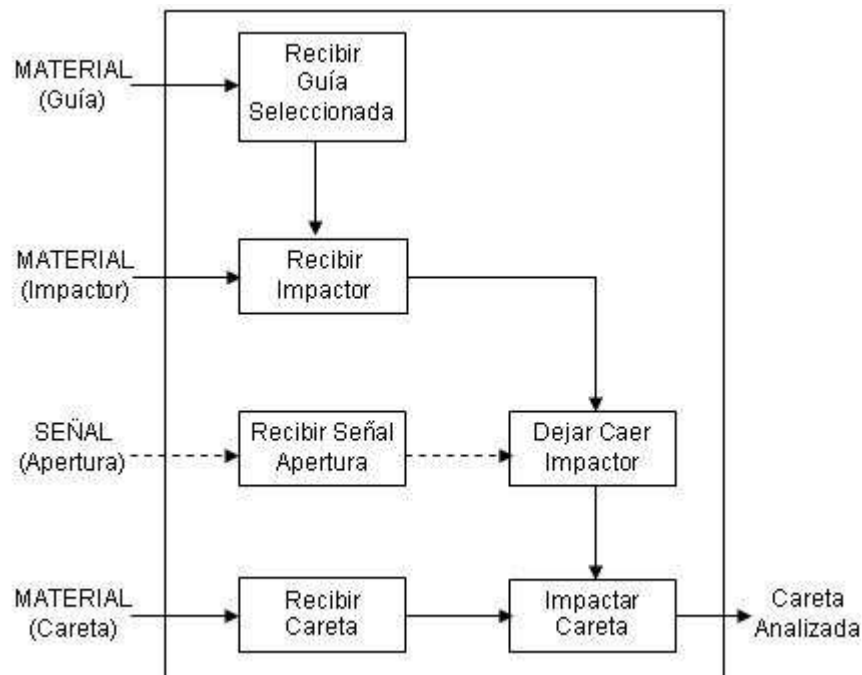


Ilustración realizada por los autores del diseño

Subfunciones críticas: Recibir guía seleccionada, Impactar careta, Dejar caer impactor

Recibir guía seleccionada

- Sistema de giro
- Cambio estructural

Impactar careta

- Eje
- Tubo (cilindro)

Dejar caer impactor

- Solenoide
- Pasador

- **Combinación de conceptos.** Se realizan las posibles combinaciones a partir de la búsqueda sistematizada, de donde se seleccionara finalmente el concepto a desarrollar, ver tabla 13.

Tabla 13. Combinación de conceptos

COMBINACIÓN	RECIBIR GUIA SELECCIONADA	IMPACTAR CARETA	DEJAR CAER IMPACTOR
1	Sistema de giro	Eje	Solenoide
2	Sistema de giro	Eje	Pasador
3	Sistema de giro	Tubo (cilindro)	Solenoide
4	Sistema de giro	Tubo (cilindro)	Pasador
5	Cambio estructural	Eje	Solenoide
6	Cambio estructural	Eje	Pasador
7	Cambio estructural	Tubo (cilindro)	Solenoide
8	Cambio estructural	Tubo (cilindro)	Pasador

- **Primer tamizaje.** Después de la combinación de conceptos se realiza el primer tamizaje mediante un análisis de viabilidad, costo y requisitos. Este análisis lleva a descartar seis de los conceptos iniciales, ver tabla 14.

Tabla 14. Conceptos después de realizar primer tamizaje

COMBINACIÓN	RECIBIR GUIA SELECCIONADA	IMPACTAR CARETA	DEJAR CAER IMPACTOR
A	Sistema de giro	Tubo (cilindro)	Solenoide
B	Sistema de giro	Tubo (cilindro)	Pasador

Los conceptos que involucran cambio estructural se descartan por que no resulta practico tener que realizar cambios en la estructura cada vez que se alterne entre la prueba de impacto a masa alta y penetración del visor. Aquellas en las que interviene el sistema de impacto con eje se descartan dado

que las masas que tienen ambos impactores son despreciables ante el peso que tendría un sistema guiado por eje (Peso brazo + Impactor).

Concepto a: El concepto A consta de un cilindro que permitirá guiar el impactor, el cual será dejado caer libremente al activarse un solenoide dando paso al mismo; como los elementos impactor y penetrador poseen diferente diámetro el mecanismo permite alternar entre los dos cilindros por medio de un sistema de giro.

Concepto b: El concepto B consta de un cilindro que permitirá guiar el impactor, el cual será dejado caer libremente al retirarse manualmente un pasador dando salida al mismo; como los elementos impactor y penetrador poseen diferente diámetro el mecanismo permite alternar entre los dos cilindros por medio de un sistema de giro.

- **Selección del concepto a desarrollar.** Con el primer tamizaje se encontraron dos conceptos, pero al hacer un análisis de costo contra uso, se descarta el concepto A, dado que el solenoide tiene un costo de adquisición e implementación muy superior al que tiene implementar un pasador. Por lo tanto el concepto a desarrollar es el B.
- **Diseño industrial.** Con el fin de evaluar cual es la proyección del diseño del equipo de pruebas de ensayo de impacto a masa alta y penetración del visor, se analizan las necesidades ergonómicas y estéticas de la misma.

- **Necesidades ergonómicas.** El equipo de impacto a masa alta y penetración del visor presenta un modo de operación muy sencillo y seguro, lo que facilita al usuario su utilización, ver figura 13.

Figura 13. Evaluación de las necesidades ergonómicas y estéticas del equipo

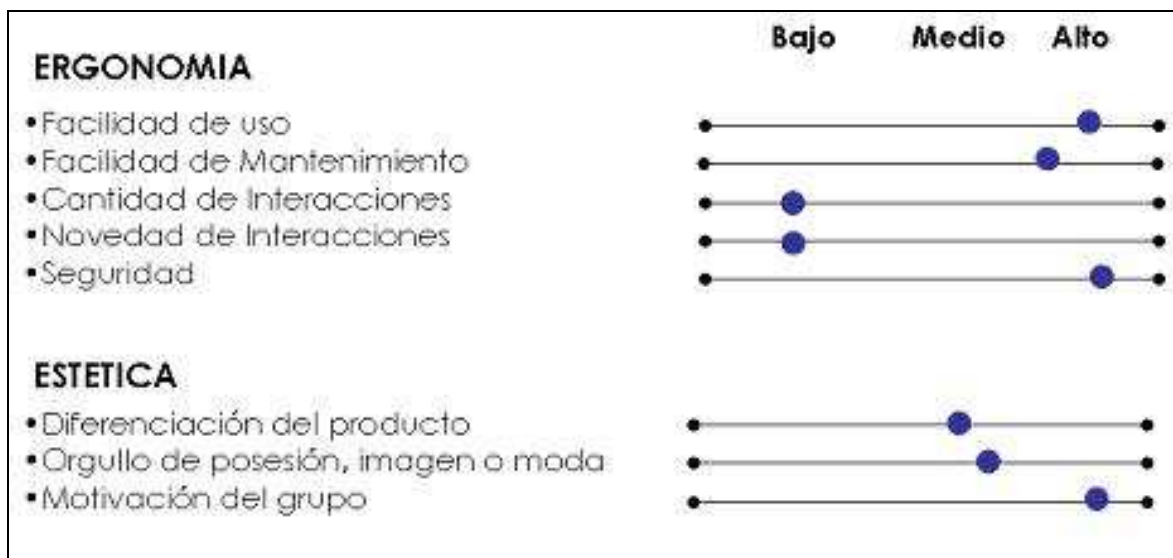


Ilustración realizada por los autores del diseño

- **Necesidades estéticas.** Aunque el poseer un equipo de este tipo, representa para Ferseg Ltda., un gran orgullo y ventaja ante la competencia la estética tiene una importancia media; no obstante el equipo se diseñó con una estructura resistente, una buena presentación física, materiales de alta calidad y satisfaciendo la necesidad prioritaria del cliente, ver figura 13.

- **Dirección del proceso de diseño Industrial (Naturaleza).** Con la intención de evaluar cual es el enfoque prioritario del diseño, el grupo de ingenieros identificará la naturaleza del producto.

Figura 14. Naturaleza del equipo

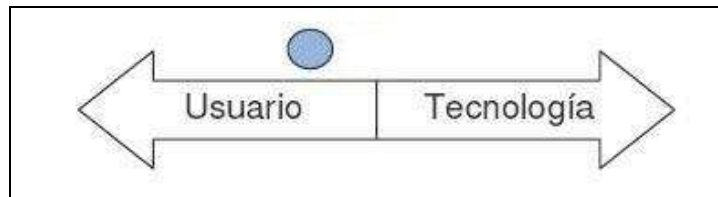


Ilustración realizada por los autores del diseño

- **Calidad del diseño Industrial.** Una vez definida la naturaleza del equipo, se evalúa la calidad con que debe contar el diseño. Para ello se tienen en cuenta aspectos como: cuán fácil de usar es el producto, los requerimientos generales de Fer-Seg Ltda., y cuán bien han sido utilizados los recursos para satisfacer las necesidades de la empresa.

Figura 15. Evaluación de la calidad del diseño industrial

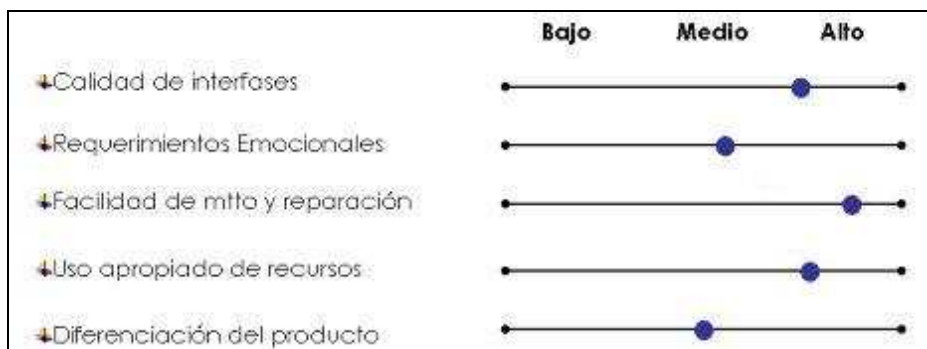


Ilustración realizada por los autores del diseño

- **Prototipado.** Con finalidad que el Asesor de Fer-Seg Ltda. identifique las posibles mejoras que deben realizarse al equipo, se realiza el prototipo en 3D que le muestra la distribución final del equipo y un aproximado de su apariencia.

Figura 16. Prototipo equipo de impacto de masa alta y penetración del visor

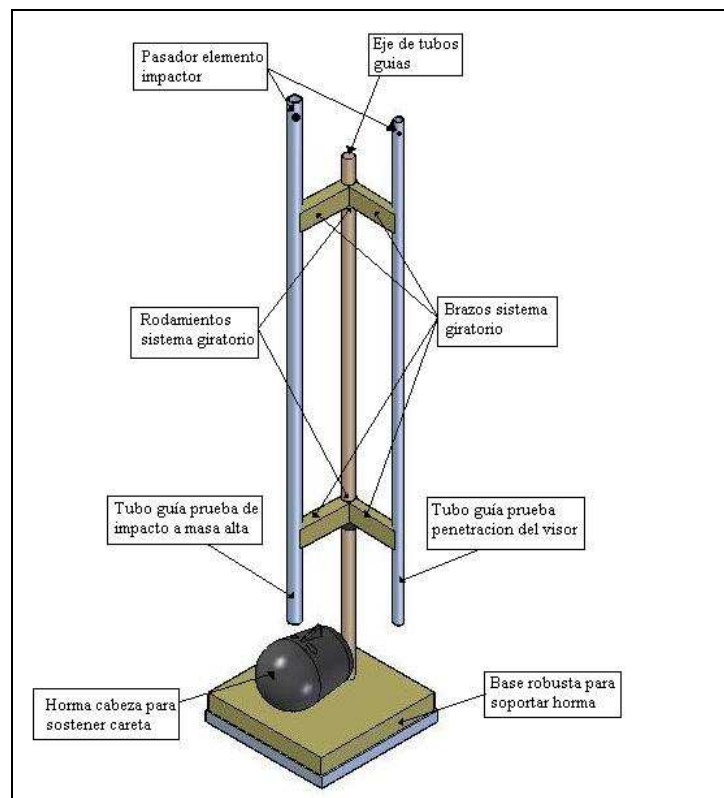


Ilustración realizada por los autores del diseño

La base que soporta la horma fue diseñada de forma tal que su peso es de 30 Kg, lo que permite que la horma esté estable como lo exige la norma.

- **Diseño para manufactura.** Para el diseño del equipo de impacto de masa alta y penetración del visor, es importante conocer los costos aproximados que genera la fabricación del mismo, por tal motivo el DPM brinda las herramientas necesarias para evaluar los costos del equipo, permitiendo conservar la calidad requerida.

El equipo de impacto de masa alta y penetración del visor está conformado por:

- Tubo guía impactor
- Tubo guía penetrador
- Eje tubos guía
- Base para horma
- Horma de cabeza
- Rodamientos

Procesos involucrados en la manufactura del equipo:

- Corte
- Soldadura
- Maquinado

Es importante recordar que para este equipo el análisis de la careta es de modo visual, así que no requiere de una programación o control especial.

Las operaciones de mecanizado y elaboración de los componentes del equipo son realizados por el centro de mecanizado de la empresa Fer-Seg Ltda., por

tal motivo no representan un costo adicional, ya que están incluidos dentro del salario de los operarios involucrados.

5.2.5 Equipo de ensayo de transmitancia. A continuación se muestra el equipo seleccionado para la realización de la prueba.

Planteamiento de la misión. La figura 17 muestra el planteamiento de la misión realizado para este equipo.

Figura 17. Mision statement equipo de ensayo de transmitancia

ENSAYO AL MARCO
Resumen
Descripción del producto
<ul style="list-style-type: none">• Maquina para pruebas de ensayo de transmitancia.
Principales objetivos de marketing
<ul style="list-style-type: none">• Empresa Fer-Seg Ltda.
Premisas y restricciones
<ul style="list-style-type: none">• El aparato debe ser diseñado conforme a los parámetros establecidos en la norma NTC 3610• Tecnología adecuada• Fácil adecuación a los requerimientos de Fer-Seg Ltda.• Buena estética (diseño industrial)
Partes implicadas
<ul style="list-style-type: none">• Ingenieros• Fer-Seg Ltda.

Ilustración realizada por los autores del diseño

Identificación de características. El equipo de ensayo de transmitancia (espectrofotómetro) debe tener las siguientes características.

- Rango espectral mínimo: 700 nm a 2600 nm
 - Alta resolución
 - Lectura dentro del rango de transmitancia ultravioleta
 - Lectura dentro del rango de transmitancia infrarroja
 - Lectura dentro del rango de transmitancia de luz azul
 - Software que permita el análisis de resultados
- **Dirección del proceso de diseño Industrial (Naturaleza).** Con la intención de evaluar cual es el enfoque prioritario del equipo, el grupo de ingenieros identificará la naturaleza del producto.

Figura 18. Naturaleza del equipo

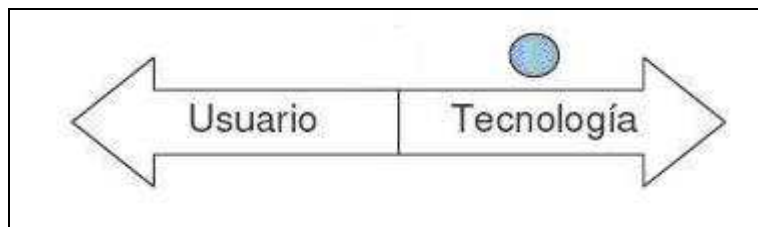


Ilustración realizada por los autores del diseño

Dada las características y el uso final que tendrá este equipo su dominio está más enfocado a la tecnología que al usuario, no obstante el grupo de ingenieros se concentrará en encontrar un equipo con una interfaz lo suficiente amigable.

Principio de funcionamiento del espectrofotómetro. Los espectrofotómetros de reflectancia miden la cantidad proporcional de luz reflejada por una superficie

como una función de las longitudes de onda para producir un espectro de reflectancia

El funcionamiento de un espectrofotómetro consiste básicamente en iluminar la muestra con luz blanca y calcular la cantidad de luz que refleja dicha muestra en una serie de intervalos de longitudes de onda. Lo más usual es que los datos se recojan en 31 intervalos de longitudes de onda (los cortes van de 400 nm, 410 nm, 420 nm... 700 nm). Esto se consigue haciendo pasar la luz a través de un dispositivo monocromático que fracciona la luz en distintos intervalos de longitudes de onda. El instrumento se calibra con una muestra o loseta blanca cuya reflectancia en cada segmento de longitudes de onda se conoce en comparación con una superficie de reflexión difusa perfecta.

La reflectancia de una muestra se expresa como una fracción entre 0 y 1, o como un porcentaje entre 0 y 100.

Equipo seleccionado. Después de investigar el funcionamiento y los aspectos a tener en cuenta cuando se trabaja con un espectrofotómetro, el equipo seleccionado es el mostrado en la figura 19.

Figura 19. Espectrofotómetro seleccionado



Imagen obtenida de www.jenck.com/uv-3600.htm

Tabla 15. Especificaciones técnicas espectrofotómetro UV-3600

Rango espectral	185nm - 3300nm
Ancho de banda espectral	8 pasos en la región UV-VIS: 0,1; 0,2; 0,5; 1; 2; 3; 5; 8 nm 10 pasos en la región NIR 0,2; 0,5; 1; 2; 3; 5; 8; 12; 20; 32 nm
Resolución	0,1 nm
Intervalo de muestreo	0,01 - 5 nm
Exactitud espectral	región UV/VIS: $\pm 0,2$ nm - región NIR: $\pm 0,8$ nm
Repetibilidad espectral	región UV/VIS: $< \pm 0,08$ nm región NIR: $< \pm 0,32$ nm
Luz espuria	$< 0,00008\%$ (220 nm, NaI)
	$< 0,00005\%$ (340 nm, NaNO ₂)
	$< 0,0005\%$ (1420 nm, H ₂ O)
	$< 0,005\%$ (2365 nm, CHCl ₃)
Rango fotométrico	-6 a 6 Abs
Nivel de ruido	$< 0,00005$ Abs (500 nm); $< 0,00008$ Abs (900 nm); $< 0,00003$ Abs (1500 nm) Ancho de ranura 2nm, valor RMS con velocidad de respuesta 1 segundo
Sistema fotométrico	Doble haz
Dimensiones	1020(ancho) x 660(profundidad) x 275(altura) mm

Información obtenida de www.jenck.com/uv-3600.htm

5.2.5 Equipo de prueba de campo de ensayo acústico para protectores auditivos.

A continuación se muestra el proceso de desarrollo del equipo.

Planteamiento de la misión. La figura 20 muestra el planteamiento de la misión realizado para este equipo.

Figura 20. Mision statement equipo de prueba de campo de ensayo acústico para protectores auditivos

Descripción del producto
<ul style="list-style-type: none"> • Equipo de prueba de campo de ensayo acústico para protectores auditivos
Principales objetivos de marketing
<ul style="list-style-type: none"> • Empresa Fer-Seg Ltda.
Premisas y restricciones
<ul style="list-style-type: none"> • El aparato debe ser diseñado conforme a los parámetros establecidos en la norma NTC 2272 • Tecnología adecuada • Fácil adecuación a los requerimientos de Fer-Seg Ltda. • Buena estética (diseño industrial)
Partes implicadas
<ul style="list-style-type: none"> • Ingenieros • Fer-Seg Ltda.

Ilustración realizada por los autores del diseño

Identificación de necesidades. Las siguientes tablas plantean las necesidades encontradas para el equipo de prueba de campo de ensayo acústico para protectores auditivos y sus respectivas métricas.

Tabla 16. Necesidades para el equipo de prueba de campo de ensayo acústico

#	NECESIDAD	IMP.
1	El equipo cumple con la norma NTC 2272	5
2	El equipo es preciso	5
3	El equipo es robusto	4
4	El equipo es económico	4
5	El equipo es seguro	5
6	El equipo es duradero	5
7	El equipo es de fácil manipulación	4
8	El equipo es de fácil mantenimiento	4
9	El equipo es fácil de instalar	3

#	NECESIDAD	IMP.
10	Las partes del equipo son de fácil adquisición	4
11	El equipo consume baja potencia	3
12	El equipo es agradable a la vista del usuario	3
13	El equipo es capaz de aislar el ruido externo	5
14	El equipo es cómodo para el usuario	4

Tabla 17. Métricas y unidades

MEDIDAS Y UNIDADES				
#	#NECESIDAD	METRICA	IMP.	UNIDAD
1	1	Estándar	5	Lista 1
2	1,3,5,6,9,10,12,14	Material	4	Lista 2
3	2	Precisión	5	%
4	3,8,9,14	Dimensiones	4	m
5	3,8	Facilidad de mantenimiento	4	Subjetivo
6	4	Precio	4	Pesos
7	4,7,8	Operación	5	Lista 3
8	5,12,14	Estética	3	Subjetivo
9	6	Vida del equipo	4	Años
10	7,9,14	Facilidad de uso	4	Subjetivo
11	10	Accesorios	4	Lista 4
12	11	Alimentación	4	VAC
13	11	Consumo	4	Watt
14	13,14	Atenuación	4	dB

Tabla 18. Listas para las métricas

Lista 1	NTC
	BS
	ANSI
	EN

Lista 2	Vidrio
	Madera
	Acero
	Aluminio

Lista 3	Manual
	automático
	Mixta

Lista 4	Decibelímetro*
	Multímetro
	Frecuencímetro

Tabla 19. Matriz de necesidades vs. Métricas

	NECESIDADES														
METRICAS		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
	1	X													
	2	X		X		X	X			X	X		X		X
	3		X												
	4			X					X	X					X
	5			X					X						
	6				X										
	7				X			X	X						
	8					X							X		X
	9						X								
	10							X		X					X
	11										X				
	12											X			
	13											X			
	14													X	X

Diseño conceptual. A continuación se muestra el proceso de diseño conceptual.

- **Descomposición funcional.** En el equipo de prueba de campo de ensayo acústico para protectores auditivos se encuentran tres tipos de entradas, entradas de energía, entradas de material y entradas de señales, en la energía se encuentra la energía eléctrica que es la encargada de alimentar eléctricamente el sistema para realizar los ensayos, en las entradas de material se encuentra la muestra a analizar y por ultimo en las señales encontramos la señal de encendido/apagado y la señal de control.

Figura 21. Caja negra

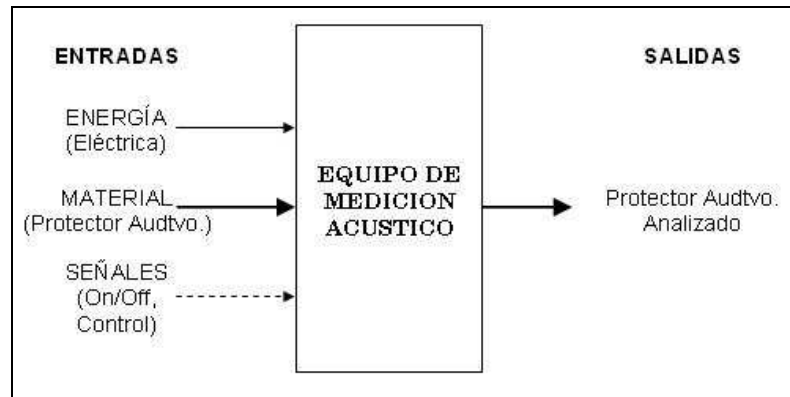


Ilustración realizada por los autores del diseño

- **Generación de conceptos.** Para la generación de conceptos se parte de una ruta crítica o de unas subfunciones críticas de diseño encontradas en la descomposición funcional.

Figura 22. Descomposición Funcional

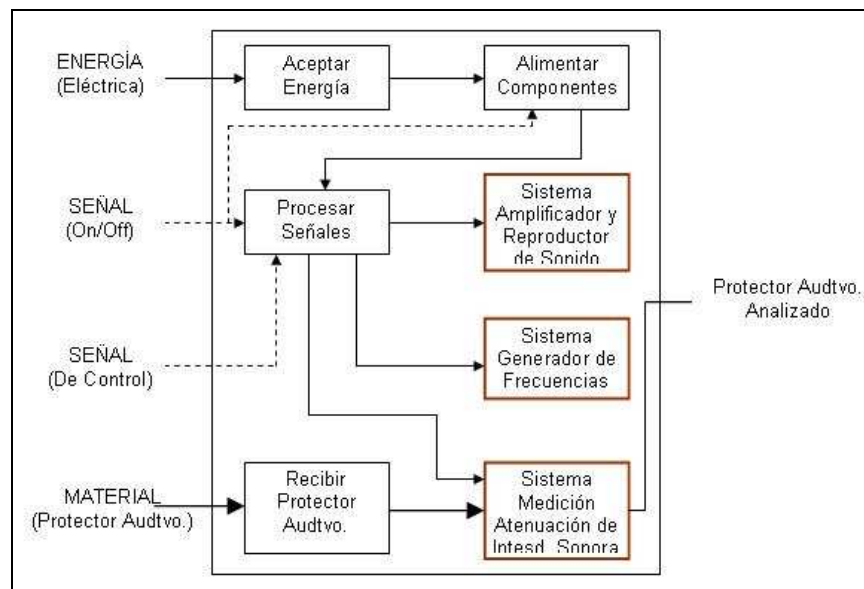


Ilustración realizada por los autores del diseño

Subfunciones críticas: Sistema amplificador y reproductor de sonido, Sistema generador de frecuencias, Sistema medición de atenuación de intensidad sonora. El grupo de ingenieros ha tomado estas subfunciones como críticas teniendo en cuenta que la norma es muy específica en cuanto a los requerimientos de estos subsistemas.

Sistema amplificador y reproductor de sonido

- La norma pide un sistema de altavoces con amplificador de potencia que permita variar el nivel de presión sonora desde 10 dB por debajo del umbral de audibilidad hasta 70 dB por encima del mismo.
- La configuración de los altavoces debe ser aproximada a la de una pantalla acústica infinita.

Sistema generador de frecuencias

- Debe contar con un generador de ruido blanco que permita obtener un voltaje cuyo nivel de espectro medido en una banda de 1 Hz de amplitud sea uniforme dentro de ± 2 dB en la gama de frecuencias de 50 Hz a 10000 Hz. A demás de poseer un juego de filtros de tercera octava.

Sistema medición de atenuación de intensidad sonora

- Para realizar la medición de atenuación de intensidad sonora la norma exige la utilización de un micrófono direccional que presente un rechazo de al menos 10 dB del frente al lado y del frente para atrás en cada banda de ensayo.

Como la norma es muy exigente en lo que a la fidelidad de los equipos se refiere, el asesor externo (Fer-Seg Ltda.), ha sugerido al grupo de ingenieros

seleccionar los equipos adecuados y diseñar la conectividad de los mismos para realizar un correcto montaje en lugar de realizar un diseño para manufactura de estos.

- **Diseño industrial.** Con el fin de desarrollar conceptos y especificaciones que optimicen la función, valor y apariencia de los productos y sistemas para el beneficio mutuo tanto del usuario como del producto, el grupo de ingenieros realizó las siguientes valoraciones.
- **Necesidades ergonómicas.** Aunque el beneficio principal de este producto está basado en la tecnología, por ser manipulado por operarios es también relevante para el diseño su ergonomía, ver figura 23.

Figura 23. Evaluación de las necesidades ergonómicas y estéticas del equipo

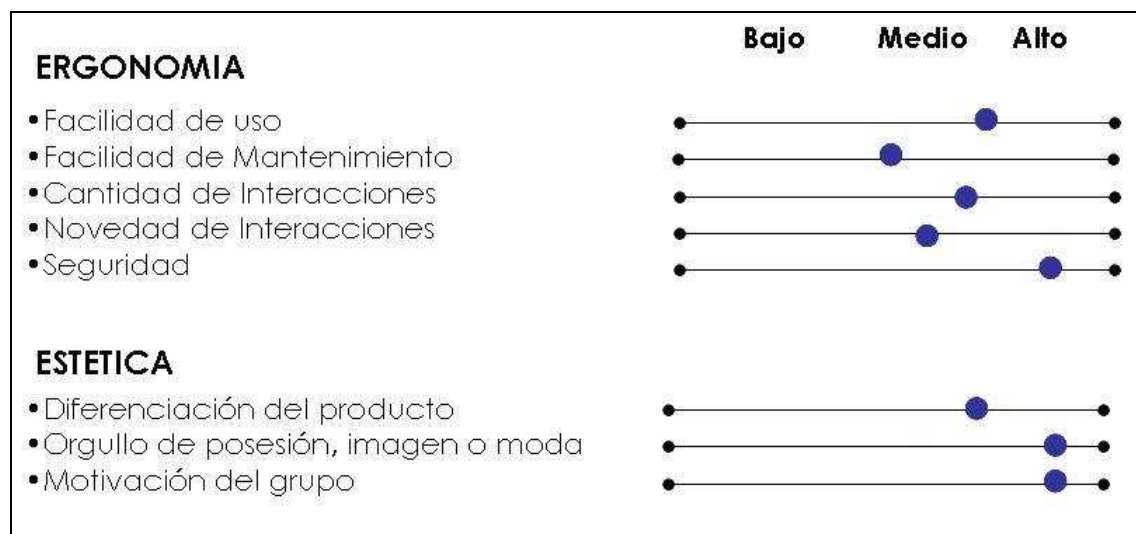


Ilustración realizada por los autores del diseño

- **Necesidades estéticas.** Poseer un equipo de este tipo, representa para Ferseg Ltda., un gran orgullo y ventaja ante la competencia por ello la estética tiene una importancia media alta, ver figura 23.
- **Dirección del proceso de diseño Industrial (Naturaleza).** Con la intención de evaluar cual es el enfoque prioritario del diseño, el grupo de ingenieros identificará la naturaleza del producto, ver figura 24.

Figura 24. Naturaleza del equipo



Ilustración realizada por los autores del diseño

- **Calidad del diseño Industrial.** Una vez definida la naturaleza del equipo, se evalúa la calidad con que debe contar el diseño. Para ello se tienen en cuenta aspectos como: cuán fácil de usar es el producto, los requerimientos generales de Ferseg Ltda., y cuán bien han sido utilizados los recursos para satisfacer las necesidades de Ferseg Ltda.

Figura 25. Evaluación de la calidad del diseño industrial

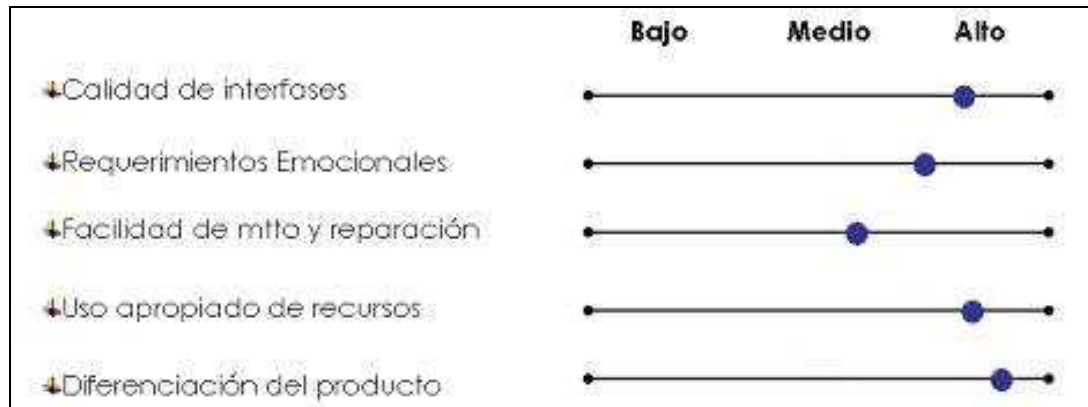


Ilustración realizada por los autores del diseño

- **Prototipado.** Con finalidad que el Asesor de Ferseg Ltda. identifique las posibles mejoras que deben realizarse al equipo, se realiza el prototipo en 3D que le muestra la distribución final del equipo y un aproximado de su apariencia, ver figuras 26 y 27.

Figura 26. Prototipo equipo de ensayo acústico método complementario

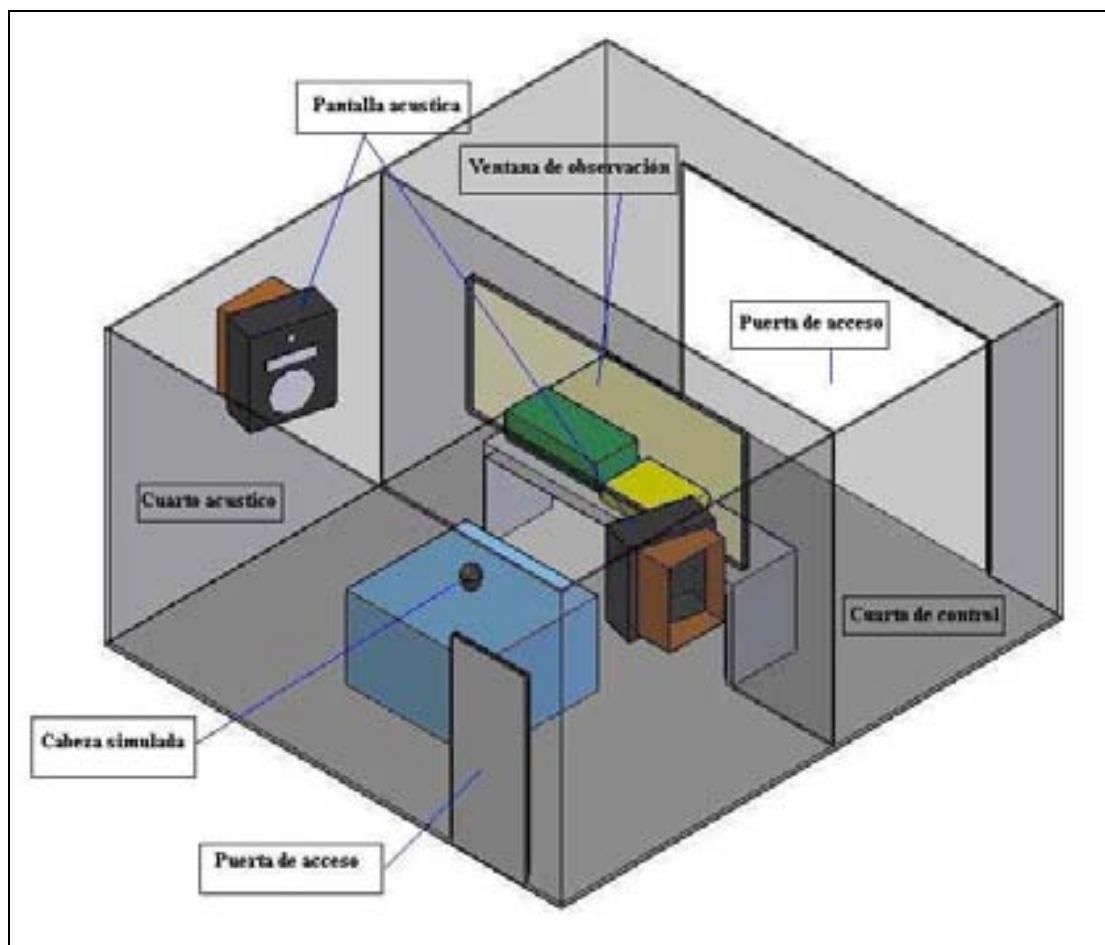


Ilustración realizada por los autores del diseño

Figura 27. Prototipo equipo de ensayo acústico método primario

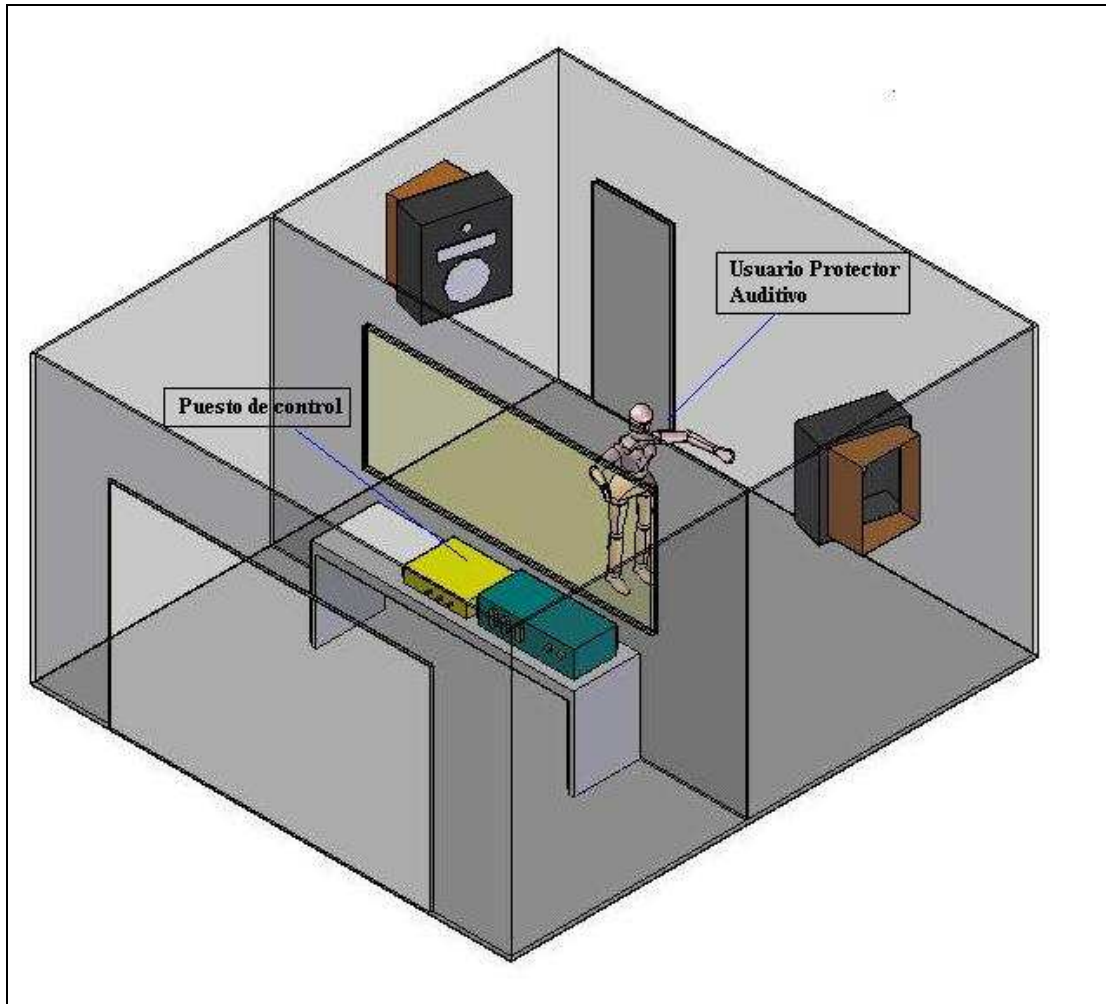


Ilustración realizada por los autores del diseño

Selección Sistema amplificador y reproductor de sonido. Después de realizar un análisis de los requerimientos acústicos el grupo de ingenieros eligió un sistema conformado por tres pantallas acústicas, la primera (no se observa en las figuras 26 y 27) va en el plano del techo y las otras dos en los planos paralelos de la pared. Cabe anotar que todas las pantallas llevarán un grado de inclinación que garantice que el eje de orientación no apuntará

directamente hacia el usuario.

Para garantizar la fidelidad en la reproducción de las frecuencias del espectro requerido, cada pantalla acústica estará constituida por un juego de tres altavoces con sus respectivos filtros pasa banda; estos altavoces serán: Altavoz de graves (frecuencias entre 20 y 1000 Hz), Altavoz de medios (frecuencias entre 400 y 8000 Hz) y Altavoz de agudos (frecuencias entre 1000 y 20000 Hz).

Selección sistema generador de frecuencias. Para el sistema generador de frecuencias se recurrirá al uso de un ecualizador, que posea filtros pasabanda adecuados para generar frecuencias entre 50 y 8500 Hz

Selección sistema medición de atenuación de intensidad sonora. Para realizar la medición se utilizará un micrófono direccional cardiode cuyo rechazo en campo libre para las diferentes frecuencias varíe entre 10 y 50 dB.

Propiedades del cuarto acústico. El cuarto acústico debe cumplir con ciertos parámetros de reverberación y a demás debe aislar el sonido proveniente del exterior, por tal motivo el grupo recomienda utilizar vidrio con característica aislante de sonido para la ventana de observación y posiblemente para la puerta de acceso al mismo. A demás realizar un recubrimiento en las paredes que bien podría ser una combinación de icopor y lona, lo cual genera un costo muy asequible.

- **Diseño para manufactura.** Para el diseño del equipo de ensayo acústico, es importante conocer los costos aproximados que genera la fabricación del mismo, por tal motivo el DPM brinda las herramientas necesarias para evaluar los costos del equipo, permitiendo conservar la calidad requerida.

El equipo de ensayo acústico está conformado por:

- Cabeza simulada
- Base para cabeza
- Base para pantallas acústicas

Procesos involucrados en la manufactura del equipo:

- Corte
- Soldadura
- Maquinado

Las operaciones de mecanizado y elaboración de la mayoría de componentes del equipo son realizados por el centro de mecanizado de la empresa Fer-Seg Ltda., por tal motivo no representan un costo adicional, ya que están incluidos dentro del salario de los operarios involucrados.

5.2.5 Equipo de medición de la fuerza de la banda. A continuación se muestra el proceso de desarrollo del equipo. medición de la fuerza de la banda

Planteamiento de la misión. La figura 28 muestra el planteamiento de la misión realizado para este equipo.

Figura 28. Mision statement equipo de medición de la fuerza de la banda

Descripción del producto <ul style="list-style-type: none">• Equipo de prueba de medición de la fuerza de la banda para protectores auditivos
Principales objetivos de marketing <ul style="list-style-type: none">• Empresa Fer-Seg Ltda.
Premisas y restricciones <ul style="list-style-type: none">• El aparato debe ser diseñado conforme a los parámetros establecidos en la norma NTC 2272• Tecnología adecuada• Fácil adecuación a los requerimientos de Fer-Seg Ltda.• Buena estética (diseño industrial)
Partes implicadas <ul style="list-style-type: none">• Ingenieros• Fer-Seg Ltda.

Ilustración realizada por los autores del diseño

- Las necesidades y métricas de esta prueba son las mismas que las del caso anterior, la diferencia que hay entre las dos pruebas es que en esta la cabeza simulada tiene a demás sensores que permiten medir la fuerza ejercida sobre los puntos principales de apoyo en la cabeza.

Por lo anterior la descomposición funcional también es la misma.

Subfunción crítica adicional: Medir la presión de contacto.

- **Prototipado.** Con finalidad que el Asesor de Ferseg Ltda. identifique las posibles mejoras que deben realizarse a la cabeza simulada que se utilizará

para esta prueba, se realiza el prototipo en 3D que le muestra un aproximado de su apariencia, ver figura 29.

Figura 29. Prototipo de cabeza simulada equipo medición presión de banda

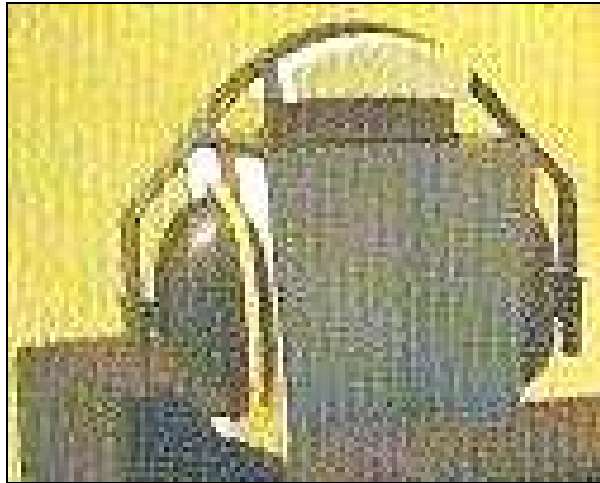


Ilustración realizada por los autores del diseño

Selección sensores de presión por contacto. Dado que el área en contacto es relativamente pequeña y que el sensor debe tener el tamaño adecuado para no convertirse en causa de error en la prueba, el sensor seleccionado es la célula de carga miniatura tipo arandela, el cual cuenta con un espesor de 2 mm.

- **Diseño para manufactura.** Para esta prueba el único cambio respecto a la anterior, es la elaboración de la cabeza simulada con sensor de presión.

Procesos involucrados en la manufactura de la cabeza:

- Corte
- Maquinado

Las operaciones de mecanizado de la cabeza son realizados por el centro de mecanizado de la empresa Fer-Seg Ltda., por tal motivo no representan un costo adicional, ya que están incluidos dentro del salario de los operarios involucrados.

5.3 REGISTRO DE RESULTADOS

Para el registro de resultados obtenidos en las pruebas realizadas al protector auditivo se utilizará una tarjeta de adquisición de datos, con el fin de establecer la comunicación entre los equipos y el software encargado de visualizar y almacenar los mismos.

5.3.1 Fs-Lab. Fs-Lab es un software diseñado con anterioridad para el laboratorio de cascos y arneses de seguridad industrial de Fer-Seg Ltda., Con el fin de aprovechar este recurso y que haya un sistema unificado se creará una red con el laboratorio de acústica y se realizarán las debidas modificaciones del software para que sea apto su uso en el nuevo laboratorio.

Fs-Lab es un software diseñado en el entorno de Visual Basic y opera en un sistema operativo Windows. Desde él se puede acceder a los centro de operación de cada una de las pruebas (independientemente del laboratorio), a demás se pueden almacenar los datos obtenidos en una base de datos, que puede ser consultada en cualquier momento.

El software es muy amigable, razón por la cual puede ser operado por cualquier persona previamente capacitada.

5.4 UBICACIÓN DEL LABORATORIO

El laboratorio se ubicará en las instalaciones principales de la empresa Fer-Seg Ltda. El cuarto acústico se construirá al lado del laboratorio para cascos y arneses de seguridad, se dispone para ello de un área medida de 20 m². En cuanto a los equipos de prueba de las caretas se ubicaran dentro del laboratorio para cascos, dada la similitud de las maquinas y el tamaño de las mismas, ver figura 30.

Figura 30. Disposición de laboratorios y maquinas de prueba

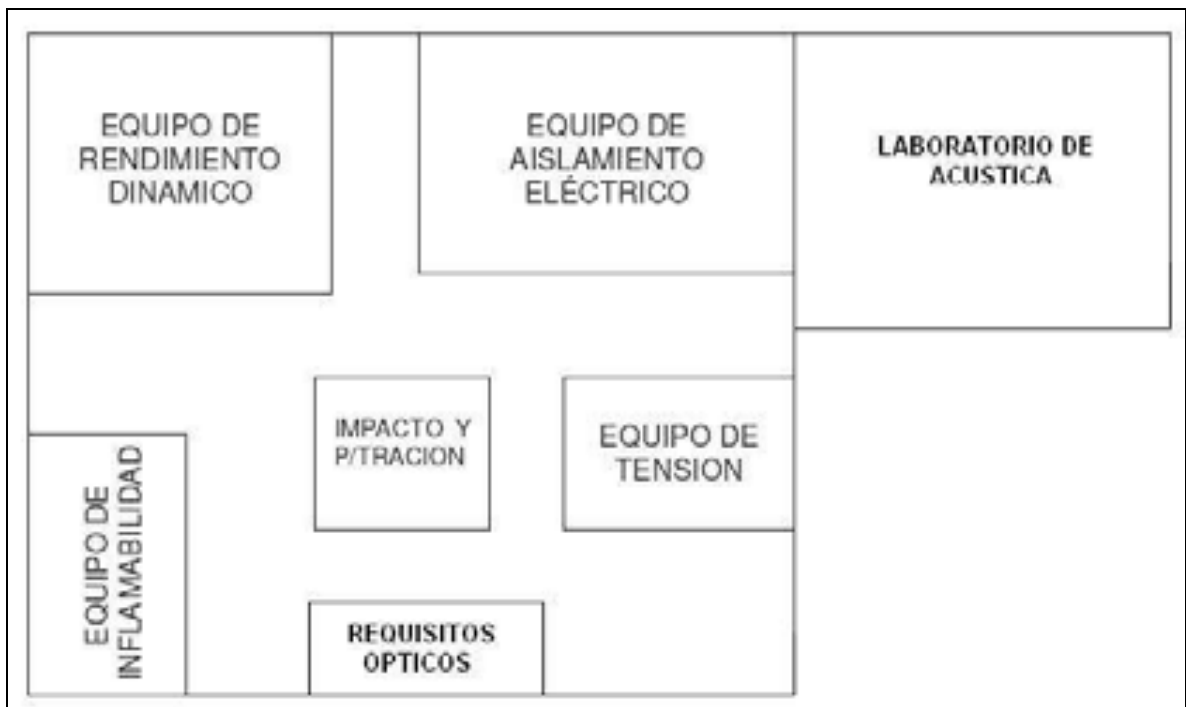


Ilustración realizada por los autores del diseño

6. CONCLUSIONES

- La implementación de este laboratorio le brindará a Fer-Seg la oportunidad de realizar las pruebas de calidad a sus productos, lo cual le otorgará herramientas para estandarizarlos y poderse certificar.
- Este proyecto puso al grupo de ingenieros frente al trabajo de campo, permitiéndoles familiarizarse con lo que en adelante será su medio.
- Las características del proyecto involucraron al grupo en el área de la seguridad industrial y la estandarización, planos que hasta ahora le eran desconocidos.
- El proyecto deja al grupo la experiencia de trabajar regidos por parámetros de estándares de calidad, lo cual puede serle de utilidad para futuros trabajos
- Con la elaboración de este proyecto el grupo pudo satisfacer la necesidad de una empresa mediana, al tiempo que ganó experiencia y pudo llenar el requisito del trabajo de opción de grado.
- Si bien la automatización es la base de la ingeniería Meca trónica, este trabajo nos llevo a ver que a veces por razones de costo es necesario dejar

a un lado la tecnología para satisfacer las necesidades del cliente/usuario y recurrir a métodos netamente mecánicos.

- El método aplicado en el diseño ha permitido realizar un sistema que satisface las necesidades planteadas por la norma e igualmente cumple con la identidad corporativa de la empresa para permitir su implementación.
- El formato IFAC que se anexa contiene un resumen de todo el informe de manera mucho más general en cuanto al trabajo de diseño del grupo de desarrollo.

BIBLIOGRAFIA

Amplificadores de potencia [en línea]. Bogotá D.C.: Luís Pedraza, 2002. [Consultado el 21 de abril del 2006]. Disponible en Internet: http://ieee.udistrital.edu.co/concurso/electronica2/amplificadores_de_potencia.htm

Descripción de sensores [en línea]. Alcalá de Henares: Universidad de Alcalá de Henares (UAH), 2006. [Consultado el 01 de abril de 2006]. Disponible en Internet: <http://www.depeca.uah.es/alcabot/seminario2006/Trabajos/MiguelGarciaFernandez.pdf>

Ficha técnica del sensor óptico CORREVIT [en línea]. Miami: CORRSYS-DATRON, 2003. [Consultado el 01 de abril de 2006]. Disponible en Internet: http://www.tecnun.es/automocion/proyectos/Sensores_velocidad/cataltoptico.pdf

INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TECNICAS. Acústica. Método para la medición de la protección real del oído brindada por los protectores auditivos y medición de la atenuación física de las orejeras. Bogota: ICONTEC, 2003. 17 p. (NTC 2272).

_____. Documentación. Presentación de tesis, trabajos de grado y otros trabajos de investigación. Bogota: ICONTEC, 2002. 36 p. (NTC 3610).

_____. Higiene y seguridad. Caretas para soldar y protectores faciales. Bogota: ICONTEC, 1994. 28 p. (NTC 3610).

_____. Requisitos generales de competencia de laboratorios de ensayo y calibración. Caretas para soldar y protectores faciales. Bogota: ICONTEC, 2001. 33 p. (NTC 17025).

Introducción en la neumática, un manual de estudio. Bogotá: Festo Didatic, 1992. 130 p.

Jenck [en línea]: Ficha técnica del espectrofotómetro UV-3600, comercializado por la compañía. Houston: Jenck S.A., 2006 [consultado el 10 de mayo de 2006]. Disponible en Internet: <http://www.jenck.com/uv-3600.htm>

MARCOMBO, S.A. Alta fidelidad: Auriculares y cajas acústicas. Barcelona: Ediciones Orbis, S.A., 1986. 62 p.

_____. Alta fidelidad: Ecualizadores. Barcelona: Ediciones Orbis, S.A., 1986. 64 p.

_____. Alta fidelidad: micrófonos. Barcelona: Ediciones Orbis, S.A., 1986. 62 p.

Teoría de Sensores [en línea]. Albacete: Escuela Politécnica Superior de Albacete, 2005. [Consultado el 15 de abril de 2006]. Disponible en Internet: <http://www.info-ab.uclm.es/labelec/Solar/Componentes/SPOSICION.htm>

Válvulas reguladoras de presión [en línea]. Medellín: Universidad Pontificia Bolivariana, 1998. [Consultado el 10 de abril de 2006]. Disponible en Internet: <http://www.geocities.com/HotSprings/Falls/3749/Tesis/carhidro.html>

Wikipedia: La enciclopedia libre [en línea]. Florida: Wikimedia Foundation, 2006. [Consultado el 20 de abril de 2006]. Disponible en Internet: http://es.wikipedia.org/wiki/Etapa_de_potencia

ANEXOS

Anexo 1. Formato IFAC del informe

DISEÑO DE UN LABORATORIO DE PRUEBAS DE ENSAYO PARA CARETAS DE ESMERILAR Y PROTECTOR AUDITIVO

**Ángel Leonardo Martín Toro.
Nini Johanna Soto Luna.**

*Facultad de Ingeniería Mecatrónica, Universidad Autónoma de Occidente,
angelmartint7@yahoo.com, ninhana@hotmail.com*

Abstract: En la actualidad las empresas se encuentran emprendiendo cambios en sus procesos industriales para certificar los productos que ofrecen al consumidor. La certificación de los productos se ha convertido en una necesidad prioritaria para las mismas, debido a que esta no solo asegura la calidad de sus productos, sino la competitividad y permanencia en el mercado. Tal motivo impulsó a la empresa Fer-Seg Ltda., a diseñar los equipos que realicen las pruebas de calificación necesarias para obtener la certificación de dos de sus productos principales: Caretas de esmerilar y protector auditivo.

Keywords: careta, protector, certificación, normas, calidad, ISO, NTC, ICONTEC, BS, ISEA, ANSI, presión, atenuación, acústico, impacto, penetración, prismática, nitidez, transmitancia, inflamabilidad.

1. INTRODUCCION

En los últimos años la seguridad industrial se ha convertido en una prioridad para las empresas, las cuales se ven en la necesidad de aplicar medidas técnicas y organizativas destinadas a eliminar los riesgos desde su origen ó en su defecto a proteger a los trabajadores mediante el uso de equipos de protección personal.

Un equipo de protección personal es un sistema que protege al trabajador de uno o más riesgos que amenacen su seguridad y/o su salud.

Existen normas técnicas establecidas por diferentes organizaciones (en el caso de

Colombia, la Norma Técnica Colombiana NTC, creada por el ICONTEC), las cuales dan los lineamientos para llevar acabo la certificación de los productos; garantizando la calidad de los equipos de protección personal.

Dicha certificación se cumple cuando el producto completa los requisitos impuestos por la norma.

2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Debido a la cambiante situación económica del país, y a los nuevos tratados internacionales (el TLC por ejemplo), la empresa FER-SEG LTDA entidad dedicada a proporcionar a sus usuarios equipos de protección personal, actualmente tiene

la necesidad de certificar dos de sus principales productos: Caretas de esmerilar y protectores auditivos.

La necesidad de certificarse nace de la dificultad de acceder a nuevos mercados, la disminución en sus ventas y el deseo de importar sus productos.

La certificación de los productos, contribuye a mantener el mercado que ya posee, aumenta la demanda de los mismos y asegura que tanto el proceso de diseño como el de fabricación de los mismos responden a unos criterios de calidad integrales.

Teniendo en cuenta esto la empresa FER-SEG LTDA. optó por implementar un laboratorio de pruebas de ensayo basado en la norma NTC, las cuales permiten garantizar el cumplimiento de los requisitos exigidos por las entidades gubernamentales y los consumidores, asegurando su permanencia en el mercado y haciéndola más competitiva.

La NTC traza unos lineamientos específicos para el desarrollo de las pruebas de ensayo, de ahí que el proyecto se base en el diseño de los diferentes equipos a utilizar.

Para las caretas de esmerilar es necesario cumplir con la norma NTC 3610 y para los protectores auditivos se debe cumplir con la norma NTC 2272.

3. CARETAS DE ESMERILAR

Las caretas de esmerilar son elementos de seguridad cuya función es resguardar el área del rostro del usuario, de peligros o riesgos de trabajo. Esta protección incluye riesgos de naturaleza mecánica y térmica.

Una careta de esmerilar está compuesta por un armazón, un tafilete y un lente o visor; a su vez el armazón se compone de un rodachispa (que incluye protector corona). El tafilete lo forma una banda de contorno de cabeza, es flexible y permeable a los líquidos ya que está hecho de tejidos de polietileno. La banda de cabeza ajustable garantiza una adaptación firme y estable de la careta.

Las caretas de esmerilar deben ser aptas para:

- Resistir la deformación y la perforación causada por objetos impactantes.

- Frenar y desviar los objetos que viajen en dirección al rostro por medio de una pantalla lo suficientemente resistente.
- Proteger frente y rostro de salpicaduras.
- Resistir sin romperse caídas de algunos metros contra superficies duras.

Para que la función protectora sea eficaz contra los riesgos, las caretas deben mantenerse útiles, duraderas, resistentes y en buen estado.

Para asegurarse de que las caretas son de excelente calidad, estas deben cumplir con los requisitos establecidos por las diferentes organizaciones a nivel local o internacional. Entre ellas están: ANSI (American National Standard Institute), ISEA (International Safety Equipment Association), NTC (Norma Técnica Colombiana), BS (British Standard).

Para este caso se hablará de la Norma NTC establecida por el ICONTEC.

3.1 Norma NTC 3610 -1994

Esta norma consta de 28 páginas y establece los requerimientos y lineamientos que deben tener los elementos e implementos utilizados para la protección de la frente y el rostro en el entorno de la industria.

El estándar establece las pruebas que se le deben realizar a los diferentes tipos de protectores faciales, incluyendo las distintas clases de caretas para soldar y los dos tipos de careta para esmerilar: careta con visor levantara y careta con visor fijo, pero para nuestro caso y por solicitud de la empresa FER-SEG LTDA., el laboratorio solo incluirá las pruebas de ensayo que permitan determinar la calidad y confiabilidad de las caretas de esmerilar con visor fijo.

Las pruebas que la norma establece para realizar a las caretas de nuestro interés, son las siguientes:

- **IMPACTO A ALTA VELOCIDAD:** prueba que se realiza para asegurar un nivel de protección contra proyectiles de baja masa que viajan a alta velocidad.

La prueba se realiza impactando la careta (la cual está ajustada a un modelo de cabeza) con un proyectil que viaja a una velocidad especificada por la norma. El impacto se realiza de frente al visor, a la altura del área ocular. No debe haber ningún contacto del

proyectil o de fragmentos del elemento protector con el ojo del modelo de cabeza. Se verifica visualmente el daño producido; si tal existe la prueba se califica como fallada.

La norma NTC 3610 – 1994, define un equipo que contenga los siguientes elementos: modelo de cabeza con su respectiva base, aparato de propulsión, elemento impactor, Protector contra rebote o esquirlas (operario).

- **IMPACTO DE MASA ALTA:** prueba que se realiza para asegurar un nivel de integración mecánica del dispositivo y un nivel de protección alto para objetos puntiagudos que viajan a baja velocidad.

La prueba se realiza dejando caer un proyectil con una masa especificada por la norma desde una altura igualmente especificada. El proyectil se deja caer sobre la careta (la cual está ajustada a un modelo de cabeza), en línea con alguno de los ojos del modelo, no se debe expeler ninguna parte o fragmento del elemento protector que pudiera entrar en contacto con el ojo del modelo de cabeza, como resultado del impacto. Se verifica visualmente el daño producido; si tal existe la prueba se califica como fallada.

La norma NTC 3610 – 1994, define un equipo que contenga los siguientes elementos: modelo de cabeza con su respectiva base, tubo guía, elemento impactor.

- **PENETRACIÓN DEL VISOR:** prueba que se realiza para analizar el efecto del impacto de un elemento penetrador sobre el visor de la careta, con el fin de observar la resistencia a la ruptura ante ese tipo de impactos. La prueba se realiza dejando caer un elemento penetrador con una masa especificada por la norma desde una altura igualmente especificada. El proyectil se deja caer sobre la careta (la cual está ajustada a un modelo de cabeza), en línea con alguno de los ojos del modelo; el protector no se debe fracturar o perforar debido al impacto. Se verifica visualmente el daño producido; si tal existe la prueba se califica como fallada.

La norma ANSI Z89.1-1997, define un equipo que contenga los siguientes elementos: elemento penetrador, modelo de

cabeza con su respectiva base, tubo guía.

- **NITIDEZ:** prueba que se realiza para medir la distorsión de visibilidad causada por el visor de la careta.

Esta prueba no hace parte del diseño realizado debido a que la empresa FER-SEG LTDA., ya posee un equipo para este tipo de ensayo que cumple con los requerimientos de la norma ASTM D 1003 “Test method for haze and luminous transmittance of transparent plastics”.

- **TRANSMITANCIA:** prueba que se realiza para conocer los valores promedios de la transmitancia lumínica, infrarroja y ultravioleta.

La prueba se realiza sometiendo el visor a un espectrofotómetro, el cual arrojará las correspondientes longitudes de onda.

- **INFLAMABILIDAD:** prueba que se realiza para analizar que tan inflamable es la careta, que tan resistente es cuando se aplica una llama o cae fuego sobre ella, con el fin de proteger al usuario de riesgos por llama.

La prueba se realiza aplicando una llama directamente sobre la careta durante un tiempo determinado. Finalizado ese tiempo se retira la llama y se observa la careta, la cual no debe mostrar signos de llama un tiempo después de retirada la misma.

La norma NTC 3610 – 1994, define un equipo de inflamabilidad que contenga los siguientes elementos: Campana de humo, Mechero Bunsen, medidor de temperatura entre otros.

Esta prueba no hace parte del diseño realizado debido a que la empresa FER-SEG LTDA., acaba de construir para el laboratorio de cascos un equipo de inflamabilidad que se ajusta a todos los requisitos de la norma

4. EL PROTECTOR AUDITIVO

Un protector auditivo es un dispositivo personal que atenúa el nivel de presión acústica evitando los efectos perjudiciales del sonido en el sistema auditivo a causa de la exposición a ruidos.

Para este proyecto se tendrá en cuenta el protector auditivo tipo orejera, el cual está compuesto por lo general por una banda para la cabeza y dos recubrimientos (earcups) con un anillo exterior suave, cuyo fin es permitir un ajuste cómodo contra el pabellón de la oreja o los lados de la cabeza alrededor del pabellón de la oreja (supra-auditivo o circunauditivo, respectivamente).

Para asegurarse de que los protectores son de excelente calidad y de que realmente protegen el sistema auditivo, estos deben cumplir con los requisitos establecidos por las diferentes organizaciones a nivel local o internacional. Entre ellas están: ANSI (American National Standard Institute), ISEA (International Safety Equipment Association), NTC (Norma Técnica Colombiana), BS (British Standard).

Para este caso se hablará de la Norma NTC establecida por el ICONTEC.

4.1 Norma NTC 2272 - 2003

Esta norma que consta de 17 páginas, establece y especifica los procedimientos psicofísicos, físicos y el medio de reportar los resultados, para la medición de las características de protección y atenuación de los dispositivos usados para proteger el sistema auditivo contra el exceso de ruido.

El estándar establece las pruebas que se le deben realizar a los diferentes sistemas de protectores auditivos, incluyendo dos tipos de prueba: Método en el oído real (primario), el cual se aplica a unidades de comunicación, cascos especiales entre los que se cuentan los de seguridad y otros sistemas con características de protección sonora usados en combinación, es decir, tapones mas orejeras. Método físico (complementario), el cual aplica a dispositivos tipo orejera. Pero para nuestro caso y por solicitud de la empresa FER-SEG LTDA., solo se incluirán a profundidad las pruebas de ensayo pertinentes al método complementario, no obstante el grupo de trabajo realizó las investigaciones pertinentes que permitan brindarle una orientación a la empresa sobre la implementación del método primario, con lo cual se busca facilitarles el proceso en el caso de que en un futuro pretendan implementarlo.

Las pruebas que la norma establece para realizar a los protectores auditivos de nuestro interés, son las siguientes:

- **MEDICION DE LA FUERZA DE LA BANDA:** prueba que se realiza para medir la fuerza que ejercen las orejeras (earcups), sobre el pabellón de la oreja y el área de la cabeza alrededor del pabellón.

La prueba se realiza montando la orejera sobre un sistema que al igual que sus medidas se encuentra especificado en la norma, al ajustar las orejeras a ciertas distancias esta produce una fuerza sobre una lamina (en L) paralela a la earcup, produciendo un ángulo en torno a un punto de giro, al “calibrar” la base de la L con una masa conocida se puede calcular la fuerza ejercida por el protector.

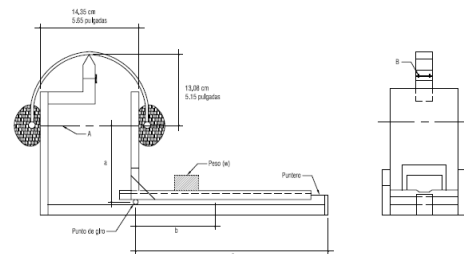


Figura 1. Equipo medición de fuerza banda

La norma NTC 2272 – 2003, define un equipo como el mostrado en la figura 1, brinda libertad en el material de construcción del mismo, pero resalta la gran importancia en la rigidez de las unidades.

- **CAMPO DE ENSAYO ACUSTICO:** prueba que se realiza para medir la atenuación del protector auditivo, con base en la presión acústica.

La prueba se realiza instalando un micrófono con especificaciones dadas por la norma, dentro de un pabellón “auditivo” ubicado en una cabeza simulada, a la misma se le colocan las orejeras (cubriendo el micrófono) y se realizan mediciones de presión a diferentes frecuencias de ruido.

La norma NTC 2272 – 2003, define un equipo que contenga los siguientes elementos: cabeza simulada, cuarto acústico, fuente de ruido eléctrico (ecualizador), registrador automático de nivel grafico de lectura y análisis manual con voltímetro.

Para el método primario se requiere un cuarto acústico semejante al anterior, pero en vez de realizar el ensayo con una cabeza simulada se hace con una persona, la cual actuará como “sensor” e informará el nivel de atenuación del sistema utilizado. Con el fin de que el cuarto acústico diseñado pueda ajustarse al método primario, las dimensiones del mismo se consideraran de acuerdo a un oyente real.

5. PROCESO DE DISEÑO MECATRONICO

Para el diseño del laboratorio de pruebas de ensayo para caretas de esmerilar y protector auditivo se utiliza la metodología de Ingeniería estructurada y concurrente, se plantean las necesidades, se generan los conceptos y se seleccionan para su posterior diseño.

5.1 Laboratorio

El laboratorio consta de tres partes, la primera es la sección de ensayos, la segunda la sección de recolección y preparación de muestras y la tercera la sección de recolección, registro y sistematización de datos; teniendo en cuenta eso se tienen las siguientes premisas y restricciones que debe cumplir el laboratorio y cada uno de los equipos que se operarán en el.

- Cumplir con la Norma NTC
- Los resultados deben ser precisos
- Interfaz de fácil manejo
- Facilidad de uso y mantenimiento
- Maquinas con bajo consumo de potencia
- Componentes de fácil adquisición en el mercado
- La implementación debe tener un costo accesible a la industria.

Las anteriores premisas aplicaran para cada uno de los equipos que componen el laboratorio

Búsqueda externa

Para la búsqueda externa, se tuvo en cuenta la accesoria de entidades con experiencia en la certificación de productos, equipos y laboratorios de pruebas de ensayo como lo son SGS y el SENA quienes cuentan con unos equipos especializados para realizar las diferentes pruebas de ensayo a los productos elaborados por la empresa FER – SEG LTDA y conocimiento de las normas a utilizar en la elaboración del proyecto.

Se adquirieron las normas necesarias para la elaboración de los diseños en las cuales se determinaron las pruebas requeridas para cada producto, se recopiló cada uno de los deberes, condiciones y criterios de aceptación y rechazo a cumplir para la ejecución del ensayo y se determinaron los equipos necesarios para realizar cada uno de los ensayos.

Se realizaron visitas a entidades como la Universidad Autónoma de Occidente para observar las características del cuarto acústico.

Equipo de impacto a alta velocidad

En el equipo de impacto de alta velocidad se encuentran tres tipos de entradas, entradas de energía, entradas de material y entradas de señales, en la energía se encuentra la energía eléctrica que es la encargada de alimentar eléctricamente el sistema para realizar el ensayo, y de generar la presión que sirve para impulsar el proyectil; en las entradas de material se encuentra la muestra a analizar y el proyectil impactante y por ultimo en las señales encontramos la señal de encendido, la señal de activación de la válvula reguladora de presión, y la señal de control del motor.

Para el diseño se tuvieron en cuenta cuatro alternativas, de las cuales por una proceso de tamizaje y basados en las especificaciones de la norma NTC se seleccionó el siguiente concepto:

El equipo consta de un compresor de aire, que posee una válvula de presión/distribución que se activa cuando alcanza la presión requerida para imprimirle al proyectil la velocidad necesaria, además cuenta con un motor paso a paso que permite el posicionamiento del modelo de cabeza.

El proceso de diseño industrial de este equipo va dirigido más hacia el usuario que a la tecnología; esto es debido a las características de la prueba a desarrollar en él. Además el equipo va a ser operado por el usuario por lo cual necesita que sea amigable y fácil de manejar para él.

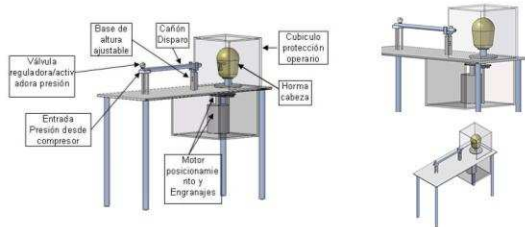


Figura 2. Prototipo Equipo de impacto a alta velocidad

La velocidad del proyectil será medida con sensores ópticos de rayo infrarrojo.

Equipo de impacto de masa alta y penetración del visor

En el equipo de impacto y penetración se encuentran dos tipos de entradas, entradas de material y entradas de señales, en las entradas de material se encuentran la muestra a analizar, el impactor y la guía y en las señales se encuentra la señal de apertura.

Para el diseño se tuvieron en cuenta dos alternativas, de las cuales por una proceso de tamizaje y basados en las especificaciones de la norma NTC se seleccionó el siguiente concepto:

El equipo consta de un sistema de un eje central y dos tubos guías que giran sobre el mismo. Cada tubo guía tiene un pasador que mantiene el impactor en su posición, hasta que es retirado para permitir la caída libre sobre la muestra.

Este equipo va dirigido a una empresa de seguridad industrial, por lo cual es de suma importancia que sea de alta funcionalidad, con buenas prestaciones y de gran innovación, ya que en este mercado se busca mejorar la calidad, eficiencia y eficacia de los productos realizados por la misma.

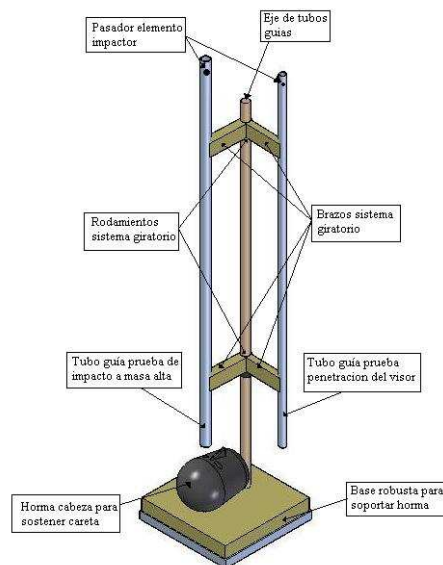


Figura 3. Prototipo Equipo de Impacto y Penetración

Equipo de transmitancia

Para la prueba de transmitancia Fer-Seg Ltda. Le solicitó al grupo de trabajo ayudarle a seleccionar un espectrofotómetro que cumpla con lo especificado por la norma permitiéndole realizar los ensayos.

El equipo seleccionado es el siguiente:



Figura 4. Espectrofotómetro seleccionado

Equipo de ensayo acústico

El equipo de ensayo acústico tiene tres tipos de entradas, entrada de energía, entrada de materiales, entrada de señales. En la entrada de energía está la energía eléctrica que se encarga de alimentar el sistema, en la entrada de materiales se encuentra la muestra a ensayar y en la entrada de señales está la señal on/off y la señal de control.

Para el diseño del campo acústico se selecciono un ecualizador para generar las diferentes frecuencias, pantallas acústicas para reproducir el

sonido y un micrófono como sensor para medir la atenuación producida.

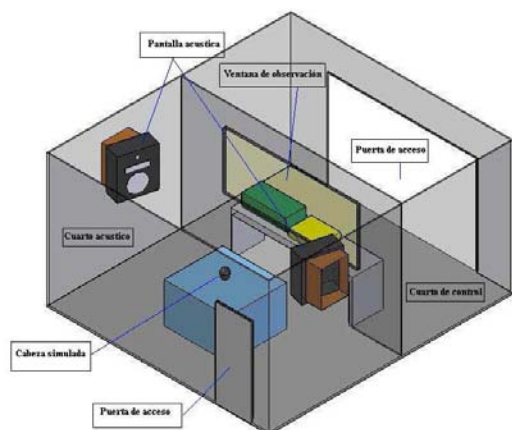


Figura 5. Campo de ensayo acústico

Equipo medición de la fuerza de la banda

En el equipo de medición de fuerza de la banda se utiliza el mismo campo acústico de la prueba anterior, pero utilizando una cabeza simulada que posee sensores táctiles para medir la fuerza generada por la banda



Figura 6. Cabeza simulada

Registro de resultados

Para el registro de resultados obtenidos en las pruebas realizadas al protector auditivo se utilizó una tarjeta de adquisición de datos, con el fin de establecer la comunicación entre los equipos y el software encargado de visualizar y almacenar los mismos.

FS-LAB

Fs-Lab es un software diseñado con anterioridad

para el laboratorio de cascos y arneses de seguridad industrial de Fer-Seg Ltda., Con el fin de aprovechar este recurso y que haya un sistema unificado se creará una red con el laboratorio de acústica y se realizarán las debidas modificaciones del software para que sea apto su uso en el nuevo laboratorio

Este software está diseñado en el entorno Visual Basic y opera en un sistema operativo Windows.

Desde el se puede acceder a los centros de operación de cada una de las pruebas, además registra los datos de cada uno en una base de datos que puede ser consultada.

El software es fácil de manejar, por lo tanto puede ser operado por cualquier persona con previa capacitación.

Ubicación del laboratorio

El laboratorio se ubicará en las instalaciones principales de la empresa Fer-Seg Ltda. El cuarto acústico se construirá al lado del laboratorio para cascos y arneses de seguridad, se dispone para ello de un área medida de 20 m². En cuanto a los equipos de prueba de las caretas se ubicarán dentro del laboratorio para cascos, dada la similitud de las máquinas y el tamaño de las mismas



Figura 7. Disposición de los laboratorios y equipo

6. CONCLUSIONES

- La implementación de este laboratorio le brindará a Fer-Seg la oportunidad de realizar las pruebas de calidad a sus productos, lo cual le otorgará herramientas para estandarizarlos y poderse certificar.
- Este proyecto puso al grupo de ingenieros frente al trabajo de campo, permitiéndoles

familiarizarse con lo que en adelante será su medio.

- Las características del proyecto involucraron al grupo en el área de la seguridad industrial y la estandarización, planos que hasta ahora le eran desconocidos.
- El proyecto deja al grupo la experiencia de trabajar regidos por parámetros de estándares de calidad, lo cual puede serle de utilidad para futuros trabajos
- Con la elaboración de este proyecto el grupo pudo satisfacer la necesidad de una empresa mediana, al tiempo que ganó experiencia y pudo llenar el requisito del trabajo de opción de grado.
- Si bien la automatización es la base de la ingeniería Mecatrónica, este trabajo nos llevo a ver que a veces por razones de costo es necesario dejar a un lado la tecnología para satisfacer las necesidades del cliente/usuario y recurrir a métodos netamente mecánicos.
- El método aplicado en el diseño ha permitido realizar un sistema que satisface las necesidades planteadas por la norma e igualmente cumple con la identidad corporativa de la empresa para permitir su implementación.
- El formato IFAC que se anexa contiene un resumen de todo el informe de manera mucho más general en cuanto al trabajo de diseño del grupo de desarrollo.

7. BIBLIOGRAFIA

INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TECNICAS. Acústica. Método para la medición de la protección real del oído brindada por los protectores auditivos y medición de la atenuación física de las orejeras. Bogota: ICONTEC, 2003. 17 p. (NTC 2272).

_____. Documentación. Presentación de tesis, trabajos de grado y otros trabajos de investigación. Bogota: ICONTEC, 2002. 36 p.

(NTC 3610).

_____. Higiene y seguridad. Caretas para soldar y protectores faciales. Bogota: ICONTEC, 1994. 28 p. (NTC 3610).

_____. Requisitos generales de competencia de laboratorios de ensayo y calibración. Caretas para soldar y protectores faciales. Bogota: ICONTEC, 2001. 33 p. (NTC 17025).

Introducción en la neumática, un manual de estudio. Bogotá: Festo Didatic, 1992. 130 p.

MARCOMBO, S.A. Alta fidelidad: Auriculares y cajas acústicas. Barcelona: Ediciones Orbis, S.A., 1986. 62 p.

_____. Alta fidelidad: Ecualizadores. Barcelona: Ediciones Orbis, S.A., 1986. 64 p.

_____. Alta fidelidad: micrófonos. Barcelona: Ediciones Orbis, S.A., 1986. 62 p.

REFERENCIAS EN LINEA

www.jenck.com/uv-3600.htm

http://es.wikipedia.org/wiki/Etapa_de_potencia

<http://mit.ocw.universia.net/6.071/s02/pdf/f02-lec25.pdf>

http://ieee.udistrital.edu.co/concurso/electronica2/amplificadores_de_potencia.htm

http://www.ieee.org.mx/pdfs/2005/CALENDARI_OAGOSTO2.pdf

<http://zip.rincondelvago.com/?00026183>

www.tecnun.es/automocion/proyectos/Sensores_velocidad/cataltoptico.pdf

www.fadisel.com/esp/productos.aspx?familia=270&g=111

<http://img.icnea.net/Forum/Empreses/E6001/ftp/C-7210.pdf>

www.depeca.uah.es/alcabot/seminario2006/Trabajos/MiguelGarciaFernandez.pdf